



UNIVERSIDAD ANDRES BELLO

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería

**CLUSTERIZACIÓN ESPACIAL DE ACCIDENTES DE VEHÍCULOS DE  
TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA EN LAS COMUNAS DE VIÑA DEL  
MAR Y VALPARAÍSO.**

Proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial.

Autor:

Valentina Alejandra Vega Díaz

Profesor guía: Dra. Carola Blázquez Lavín.

Viña del Mar Chile, 2018.

## *Agradecimientos*

*A mi madre por darme su apoyo incondicional y brindarme la oportunidad de obtener estudios superiores. Mi hermana, abuelos y mi amado Francisco que sin ellos todo este proceso no habría culminado.*

*Especial agradecimiento a mi profesor guía Dra. Carola Blázquez, por su paciencia, apoyo y consideración durante todo el año académico que toma este proyecto de título.*

*Gracias.*

*Valentina Alejandra Vega Díaz*

## Contenido

<i>Agradecimientos</i> .....	2
I. Introducción.....	5
II. Objetivos.....	10
A. Objetivo general .....	10
B. Objetivo específico.....	10
III. Alcance .....	10
IV. Marco Teórico .....	11
A. Caracterización de vehículos de transporte terrestre de carga .....	11
1. Camión Simple .....	12
2. Tractocamión .....	12
3. Remolque/ Semirremolque .....	13
B. Caracterización de los accidentes de tránsito .....	14
1. Accidente de tránsito .....	14
C. Causas de los accidentes de tránsito .....	19
V. Análisis de Datos.....	22
A. Antecedentes del área de estudio .....	22
B. Análisis Descriptivo.....	24
1. Análisis descriptivo Viña del Mar .....	26
2. Análisis descriptivo Valparaíso .....	34
VI. Revisión bibliográfica.....	43
VII. Geocodificación .....	44
A. Map Developers: batch geocode tool. ....	44
B. Google Drive .....	46
VIII. Metodología.....	48
A. Moran's I Global .....	48
B. Moran's I Local ( <i>LISA: Local Indicator of Spatial Association</i> ).....	49
C. Análisis de clusterización .....	50
IX. Análisis de Autocorrelación: Resultados .....	51
A. Moran's I Global.....	51
B. Moran's I Local (LISA).....	56
X. Conclusiones.....	61
XI. Bibliografía.....	63

XII.	Anexos .....	64
------	--------------	----

## I. Introducción

Los sistemas de transporte terrestre han contribuido enormemente al desarrollo de la mayoría de los países del mundo, aportando diversos beneficios económicos y sociales para cada país, ya sea desarrollado, subdesarrollado o en proceso de desarrollo del globo. Sin embargo, este crecimiento ha traído consigo una serie de consecuencias perjudiciales, tales como un aumento en los accidentes de tránsito, y la gravedad de sus resultados.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe sobre “La situación mundial de la seguridad vial año 2013” indica que cada año mueren aproximadamente 1,25 millones de personas en las vías de tránsito del mundo y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos y alguna discapacidad. Más del 90% de las víctimas mortales de accidentes de tránsito que ocurren en el mundo corresponden a países en desarrollo. Su tasa de letalidad por accidentes de tránsito es aproximadamente del 21,5% cada 100.000 habitantes respectivamente y, además, tan sólo cuentan con el 48% de los vehículos existentes en el mundo. En muchos países desarrollados, las tasas de mortalidad han ido descendiendo en los últimos tiempos; no obstante, los accidentes de tránsito continúan siendo una importante causa de muerte, traumatismo y discapacidad. Cerca de la mitad de las personas que fallecen como consecuencia de accidentes de tránsito son peatones, ciclistas o usuarios de vehículos de motor de dos ruedas. Aquellas, son la principal causa de muerte de la población joven entre los 15 y 29 años, por consecuencia hace que se convierta en un problema importante para el desarrollo de cada país a nivel mundial.

Las lesiones causadas por el tránsito ocasionan pérdidas económicas considerables para las personas, sus familias y los países en su conjunto. Esas pérdidas son consecuencia de los costos del tratamiento y de la pérdida de productividad de las personas que mueren o quedan discapacitadas por sus

lesiones, y del tiempo de trabajo o estudio que los familiares de los lesionados deben distraer para atenderlos.

En el informe titulado “The High Toll of Traffic Injuries: Unacceptable and Preventable” del Banco Mundial, se estima que los costos por accidentes de tránsito en los 35 países, entre estos Chile, miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ascienden a rangos que se ubican del 2 al 5% del producto interno bruto (PIB) de cada país, de los que equivalen a US\$ 4.940 millones de dólares aproximadamente. En Chile, el costo por accidentes de tránsito es del 2% del PIB del año 2016, por tener una referencia construir un hospital cuesta cien mil millones de pesos, con el 2% del PIB de Chile se podrían construir veintidós hospitales.

Los accidentes de tránsito son un fenómeno dañino que ha aumentado en la última década en Chile. Tras analizar datos, es posible afirmar que el crecimiento sostenido del PIB per cápita y de las expectativas económicas de los chilenos durante los últimos años ha influido positivamente en la venta de autos nuevos, provocando un aumento sostenido del parque vehicular y, en consecuencia, un aumento en el número de accidentes de tránsito. La industria del transporte presenta la tasa de accidentabilidad más alta de todos los sectores económicos con un 7,9% y con 21,4 casos fatales por cada 100 mil trabajadores. Una investigación realizada por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET) arroja que las posibles causas estarían ligadas al bajo cumplimiento de la normativa del Código del Trabajo relativa a descansos y tiempo máximo de conducción y a una pobre cultura de prevención de riesgos en la industria.

El transporte es consecuencia del deseo y la necesidad de movilizarse de las personas y la necesidad de desplazar bienes. Sin embargo, en la interacción permanente que se produce en las vías públicas, las personas, ya sea como conductores, pasajeros o peatones, se transforman en usuarios y beneficiarios de los sistemas de transporte, y a la vez en potenciales víctimas de accidentes. Los accidentes de tránsito son la externalidad negativa más

desafortunada generada por los sistemas de transporte, pues éstos tienen la capacidad de dañar severamente a las personas. Estos tienen altos costos económicos originados por las pérdidas materiales de daños a la propiedad, por acción de los sistemas de emergencia en los momentos posteriores a un accidente, atención y tratamientos médicos de los lesionados, funerales, en caso de fallecimiento de las víctimas, por pérdidas de productividad de días no trabajados de las personas lesionadas y un sinnúmero de otras consecuencias psicológicas imposibles de cuantificar. Como se indican en las estadísticas de Carabineros, sólo en el año 2010 se registraron 57.746 accidentes de tránsito los que tuvieron como consecuencia a 1.595 personas fallecidas y 6.899 lesionados de carácter grave, lo que deja en evidencia el efecto dañino que éstos tienen.

En Chile, desde el año 2011 el parque vehicular ha aumentado considerablemente. Hasta el año 2016, a nivel nacional se registró una cantidad de 4,9 millones de vehículos, de los cuales alrededor del 22% equivale al crecimiento del parque de camiones, según lo que indica el Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Sin embargo, pese a este aumento, no ha cambiado la cultura vial de los automovilistas, ya que la cantidad de accidentes de tránsito no ha disminuido. Esto se ve reflejado en las estadísticas de accidentes de tránsito de Carabineros de Chile y CONASET, en la cual se detallan las principales causas de éstos en donde aproximadamente un 80% de los accidentes ocurren por imprudencia humana (atribuibles tanto a peatones como a conductores), es decir, por acciones irresponsables relacionadas principalmente al no respeto de la normativa de tránsito, consumo de alcohol y exceso de velocidad de los conductores. Como, por ejemplo, algunas de las principales son *“conducir no atento a las condiciones de tránsito del momento”* y *“conducir sin mantener una distancia razonable o prudente”*, conocidos como choque o colisión por alcance.

Dado un estudio “Cifras de accidentabilidad de camiones en Chile” del año 2014 realizado por CONASET, existe una evolución en los accidentes de tránsito relacionados con vehículos de transporte terrestre de carga, en promedio desde comienzos del año 2011, el 8% de los siniestros de tránsito tienen un camión involucrado, siendo estos el tercer vehículo con mortalidad más alta dentro de los accidentes a nivel nacional. Además, en este estudio se indica que existen tres regiones con mayor cantidad de accidentes. Una de ellas es la Región de Valparaíso, la cual registra alrededor de ocho mil accidentes por año de los cuales el 2% corresponden a camiones. Su capital Valparaíso, es la ciudad que más accidentes registra dentro de la región, con un total aproximado de dos mil trescientos accidentes por año.

La ciudad de Valparaíso, en el año 2016 contaba con un parque vehicular aproximado de 5 millones de vehículos en total, de los cuales veinte mil corresponden a camiones de carga. En promedio, 84 personas fallecidas en accidentes protagonizados por camiones ocurrieron el año 2016 ocasionados por el cansancio, conducción a alta velocidad e imprudencia de los conductores en general. La comuna de Viña del Mar también tiene un alto grado de accidentes vehiculares, alrededor de dos mil accidentes por año, por lo que se encuentra en segundo lugar de las comunas que mayor cantidad de accidentes de tránsito ocurren en la provincia de Valparaíso.

Los siniestros de tránsito son un fenómeno complejo de analizar. Múltiples variables, ingenieriles, humanos, mecánicos, geográficos, climáticos, etc., pueden intervenir en su ocurrencia. En línea con estudios internacionales, se considera a las tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), muy útiles para la visualización y análisis de los siniestros de tránsito en tanto que permiten medir y representar las relaciones espaciales de los datos. Este estudio tiene como propósito evaluar y representar la evolución de las concentraciones de alta ocurrencia de siniestros de tránsito que involucren camiones y además que transiten en zonas urbanas de Viña del Mar y Valparaíso, modelando la información de la localización de estos, usando las



herramientas de estadística espacial en SIG. Este tipo de análisis ayuda en la identificación de localizaciones vulnerables y zonas que requieren medidas correctivas.

La iniciativa de esta investigación es lograr conciencia para disminuir los accidentes de tránsito en Viña del Mar y Valparaíso, con la identificación de localizaciones vulnerables y zonas que requieren medidas correctivas, además de señalar que en dichas ciudades no existe algún estudio previo de accidentabilidad de vehículos de transporte terrestre de carga. Como incentivo social, se busca concientizar a la población de los riesgos y, altos costos sociales y humanos que generan el no respetar señalizaciones, manejar bajo los efectos del alcohol y drogas nocivas, no cumplir con normativa de tránsito, no realizar un chequeo constante al vehículo, y distintos factores que aumentan las probabilidades de que se produzcan accidentes de tránsito.

## II. Objetivos

### A. Objetivo general

Realizar un análisis de clusterización espacial de accidentes de vehículos de transporte terrestre de carga en las comunas de Viña del Mar y Valparaíso en el periodo 2010-2015.

### B. Objetivo específico

- Recopilar información sobre accidentes de tránsito a nivel nacional e internacional y analizar los factores que provocan los accidentes.
- Analizar los atributos de accidentes en Viña del Mar y Valparaíso.
- Geocodificar cada accidente en Valparaíso y Viña del Mar.
- Determinar la distribución espacial de accidentes de tránsito de vehículos de transporte terrestre de carga.
- Analizar clusterización espacial de los atributos y factores de los accidentes de tránsito de camiones.

## III. Alcance

El presente estudio pretende abordar los accidentes producidos en la provincia de Valparaíso, específicamente en las comunas de Viña del Mar y Valparaíso de los años 2010 al 2015, pues estos ocupan la mayor cantidad de accidentes urbanos de vehículos de transporte terrestre de carga mediante datos obtenidos de Carabineros de Chile y estudios realizados por CONASET.

## IV. Marco Teórico

En el siguiente capítulo se exponen los distintos conceptos que son utilizados para el posterior análisis y clusterización de los accidentes. Entre ellos se encuentran los tipos de vehículos transporte terrestre de carga, los tipos de accidentes definidos por CONASET, así como también los tipos de factores o causas que influyen en que estos accidentes ocurran.

### A. Caracterización de vehículos de transporte terrestre de carga

El transporte de carga es una actividad del sector terciario, entendida como el desplazamiento de objetos, animales o personas de un lugar a un destino determinado, en vehículos motorizados terrestres. Este es un complemento que contribuye al movimiento logístico global del transporte y ha sido una de las actividades terciarias que mayor expansión ha experimentado a lo largo de los últimos dos siglos, debido a la industrialización; al aumento del comercio y de los desplazamientos humanos tanto a escala nacional como internacional; y los avances técnicos que se han producido y que han repercutido en una mayor rapidez, capacidad, seguridad y menor coste de los transportes.

Según el Decreto Supremo N° 75/87, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, establece condiciones para el transporte de carga, de las cuales indica que las dimensiones máximas para un vehículo de transporte terrestre de carga son 4,10 metros de alto, 2,60 metros de ancho y su largo depende del tipo de camión, además sus características y normativa legal vigente a cumplir variarán dependiendo del tipo de producto y mercancía a transportar.

De acuerdo con lo señalado anteriormente, los tipos de camiones que se evalúan en este estudio corresponden a los siguientes:

## 1. Camión Simple

Es un vehículo motorizado de carga pesada diseñado para el transporte de productos y mercancías. Estos pueden ser frigoríficos que enfrían y refrigeran la mercancía, Isotermos que mantienen la temperatura fría o cálida, y Normal que su propósito es contener y proteger la carga. Puede medir hasta 13,20 metros de largo.



*Imagen 1. Medidas de Camión Simple. Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.*

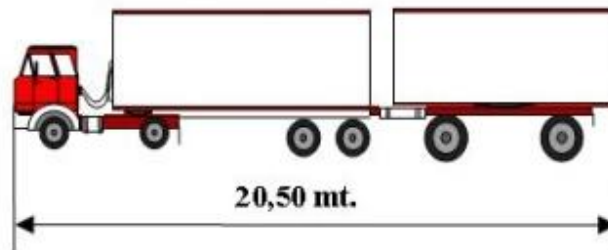
Para la combinación “camión simple con remolque”, en este caso el camión es conectado a un semirremolque, en el cual consiste en un tipo particular de remolque construido de manera tal que una gran parte de la carga gravite sobre el vehículo tractor, no tiene eje delantero. Puede medir hasta 14,63 metros de largo.

## 2. Tractocamión

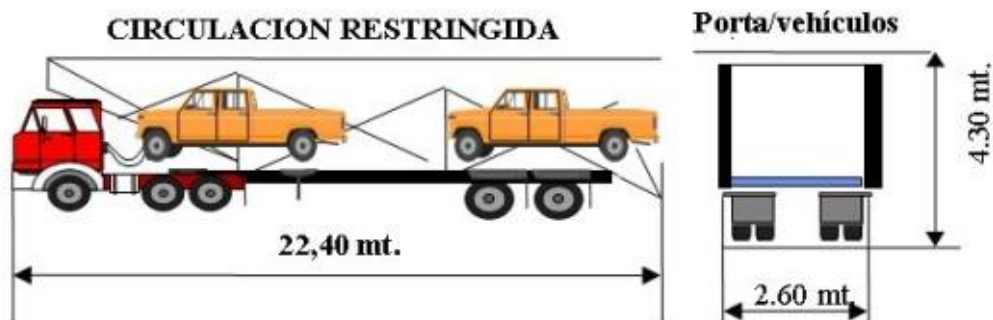
Es un vehículo comercial de carga pesada que se encuentra dentro de la categoría de grandes vehículos de mercancías, contando generalmente con un motor de gran desplazamiento y varios ejes.

Para la combinación “tractocamión con semirremolque”, en este caso significa que la carga puede compartirse entre varios ejes, haciéndola más maniobrable que un camión rígido de tamaño equivalente. Su largo máximo

de combinación es de 20,50 metros. En el caso del transporte de automóviles sus medidas pueden ser hasta 22,40 metros de largo y la porta vehículos no debe sobrepasar los 4,30 metros de alto.



*Imagen 2. Tractocamión con semirremolque. Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.*

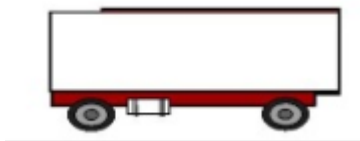


*Imagen 3. Tractocamión con semirremolque para transporte de vehículos. Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.*

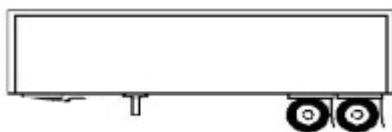
### 3. Remolque/ Semirremolque

Un remolque es un transporte terrestre de carga que no dispone de motor ni tracción propia, por lo que debe ser impulsado por otro vehículo. Su uso depende de su dimensión y capacidad de carga. Por otro lado semirremolque son vehículos sin motor, que van enganchados o acoplados

sobre la quinta rueda de una cabeza tractora reposando parte de su peso sobre la misma, dotado de frenos y luces reflectoras.



*Imagen 4. Remolque. Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.*



*Imagen 5: Semirremolque de dos ejes. Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.*

## B. Caracterización de los accidentes de tránsito

En el abordaje de los accidentes de tránsito resulta necesario esclarecer el uso de la terminología empleada y tipos de vehículos de transporte terrestre de carga involucrados en esta clusterización definidos por CONASET, de manera tal comprender fácilmente esta investigación.

### 1. Accidente de tránsito

Si se consulta el Diccionario de la Real Academia Española, se encontrará que un accidente es un “*suceso eventual o acción del que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas*”. De lo anterior se desprende que un accidente no es algo fijo ni regular, sino que está sujeto a las circunstancias, es de carácter involuntario y provoca daño a personas o cosas.

El tema de interés de esta investigación es un tipo particular de accidente: los accidentes de tránsito. Un accidente de tránsito es, según la CONASET, *“aquel hecho involuntario que ocurre en la vía pública o en lugar entregado al uso público, en el cual participa al menos un vehículo y cuya producción genera daños en las personas y en las cosas. No existe el ánimo ni la intención de generarlo”*. Un número importante de estos accidentes son de carácter inevitable y que constituyen parte del riesgo inherente a toda actividad humana, pero que hay una parte que es perfectamente evitable si las condiciones del sistema fuesen distintas.

Cabe destacar que, más allá de motivos imprevisibles, la noción también incluye eventos que se producen por irresponsabilidad o negligencia humana, además por fallas mecánicas del vehículo y factores ambientales.

Los accidentes de tránsito se producen en variadas circunstancias y pueden resultar de la interacción de vehículos motorizados o no motorizados con otros vehículos, personas, animales e infraestructura. Según lo anterior, éstos pueden clasificarse como:

- **Choque**

El choque se define como la colisión entre dos o más cuerpos de los cuales el impactado está en reposo. Un choque físico o mecánico es percibido por una repentina aceleración o desaceleración causada normalmente por un impacto, por ejemplo, de una gota de agua, aunque también una explosión causa choque; cualquier tipo de contacto directo entre dos cuerpos provoca un choque. Lo que mayormente lo caracteriza es la duración del contacto que, generalmente, es muy corta y es entonces cuando se transmite la mayor cantidad de energía entre los cuerpos.

Dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes tipos de choques definidos por Carabineros de Chile:

- Choque frontal: tal como lo menciona, esta clasificación se refiere al impacto por la parte frontal de un vehículo con algún cuerpo que no esté en movimiento.
  - o Choque frente/ posterior: es el impacto de frente entre dos vehículos y los ejes longitudinales de los móviles no coinciden en forma de una recta.
  - o Choque frente/ lado o perpendicular: es el impacto que se produce entre la parte frontal de un vehículo y la parte lateral de otro formando los ejes longitudinales. Se producen por no respetar las señales, la velocidad, estar distraído, mal estado físico y mental del conductor.
- Choque lateral: los choques por impacto lateral ocurren cuando un vehículo choca con el costado de otro vehículo.
  - o Choque lado/ posterior: es cuando los ejes longitudinales forman un ángulo inferior a 90°.
- Choque posterior o por alcance: sucede cuando un conductor impacta con su vehículo en la parte trasera de otro vehículo.

- **Colisión**

En una colisión intervienen dos objetos ambos en movimiento que ejercen fuerzas mutuamente. Cuando los objetos están muy cerca entre sí o entran en contacto, interaccionan fuertemente durante un breve intervalo de tiempo. Las fuerzas externas son despreciables, haciendo a las internas principales en la interacción. Las fuerzas de este tipo reciben el nombre de fuerzas impulsivas y se caracterizan por su alto módulo y su breve periodo de acción.

Dentro de esta agrupación se encuentran los siguientes tipos de colisión:



- Colisión frontal: Las colisiones frontales son menos frecuentes, pero en cambio son accidentes muy graves y mortales en forma desproporcionada. Este tipo de colisión consiste en un impacto con otro vehículo o un objeto de frente, que reduce bruscamente la velocidad del vehículo afectado en la colisión. Pueden ocurrir cuando un coche se sale de su carril e invade el carril contrario y esto puede pasar por varios motivos, incluyendo el reventón del neumático, somnolencia, distracción, exceso de velocidad en curva, entre otros.
- Colisión lateral: Las colisiones laterales son aquellas en que uno de los dos vehículos se aproxima lateralmente al otro vehículo, por un cambio de carril o por no respetar la distancia de seguridad. Dependiendo de si el sentido de circulación de ambos vehículos o no la colisión se considera por raspado negativo o positivo.
- Colisión por alcance: son el tipo más común de colisiones de vehículos. La mayoría de estas suceden a baja velocidad, pero aun así, pueden causar lesiones cervicales y de gran consideración.
- Colisión perpendicular: A menudo ocurren cuando uno de los vehículos que hace un giro a la izquierda intercepta el camino de un conductor que se aproxima o alguien que se salta un semáforo o una señal de “pare”.
- Colisión múltiple: Esto es una colisión en la que se encuentran implicados varios vehículos. Estos pueden ser golpeados varias veces, en este tipo de colisiones si al conductor de alguno de los vehículos se le ocurre salir del mismo para intentar escapar, puede estar en mayor peligro como peatón.

- **Atropello**

Consiste en el encuentro entre un vehículo y un peatón. En este tipo de accidentes se distinguen, igualmente, varias fases que no necesariamente han de darse en todos los accidentes. Cada fase puede constituir un tipo

singular de accidente de tráfico entre un vehículo y un peatón. Las fases del atropello serían las siguientes:

- a. Encuentro: Nos encontramos en el primer momento del accidente, donde el vehículo golpea o alcanza al peatón, pudiendo producirse la primera acción traumática.
- b. Caída: Tras ese primer contacto, encuentro o empujón, el peatón sufre una pérdida de equilibrio y una caída sobre la calzada. Se produce un desplazamiento del peatón debido a la fuerza aplicada por el vehículo en dicho encuentro.
- c. Aproximación: En esta fase el vehículo vuelve a entrar en contacto con el peatón, cuando aquél lo alcanza o llega al lugar donde se encuentra el cuerpo del peatón caído sobre la calzada.
- d. Compresión: Consiste en el paso de, al menos, una rueda sobre el cuerpo del peatón caído. Se puede producir un sobrepaso en vehículos ligeros o un aplastamiento en vehículos pesados.
- e. Arrastre: Fase en la que la víctima puede ser arrastrada durante un trayecto al haberse enganchado su ropa en algún resalte del vehículo.

- **Volcadura**

En este tipo de accidente es poco frecuente, pero pueden llegar a ser mortales. Se define el vuelco cuando el vehículo realiza una rotación superior a 90° o combinación de giros con una trayectoria compleja. Se pueden producir por causas ajenas a la voluntad del conductor, fuerzas laterales de circulación, trayectorias curvas o también por otros agentes tales como el viento, una colisión con otro vehículo o producto de las maniobras de reacción al evadir peligros o frenadas.

- **Caída**

Es el descenso brusco o desprendimiento de un pasajero del vehículo que lo transporta.

- **Impacto con animal**

Corresponde al suceso producido entre un vehículo y un animal suelto en la vía pública.

### C. Causas de los accidentes de tránsito

Al pensar en las causas que provocan los accidentes de tránsito, podemos ver que éstas son múltiples. En primer lugar, existen causas visibles, que son aquellas de fácil identificación para establecer una relación causa-efecto. Estas son: imprudencia del conductor, desobediencia a la señalización, pérdida de control, imprudencia del peatón, alcohol en el conductor, velocidad imprudente, imprudencia del pasajero, fallas mecánicas y otras causas no determinadas.

Sin embargo, existen causas subyacentes, es decir, que están ocultas a primera vista y su identificación es difícil para establecer una relación causa-efecto. Estas causas son más profundas e inciden en las causas visibles. Entre estas se encuentran la interacción trazado/entorno, los factores institucionales y sociales, los factores relacionados con los pavimentos y las características del tránsito, entre otros.

Para obtener un orden en los datos, las causas de los accidentes de tránsito se agrupan en tres factores principales: factor humano, factor climático, factor mecánico y factor estructural de tránsito, las cuales se desarrollarán a continuación:

- **Factor Humano**

Los factores humanos son la principal causa de los accidentes de tránsito, de las cuales definidas por Conaset son las siguientes:

- Alcohol en el conductor y/o pasajero.
- Alcohol en el peatón.
- Conducir no atento a las condiciones del tránsito.
- Drogas y/o fatiga en el conductor. Esto involucra conducir bajo los efectos de medicinas y estupefacientes y además de fatiga, cansancio o con sueño.
- Imprudencia del conductor y/o pasajero. Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor, por ejemplo no respetar señalización vial.
- Imprudencia del peatón
- Pérdida de control del vehículo
- Velocidad imprudente

- **Factor mecánico**

El factor mecánico principal son las fallas del vehículo, que se desglosan en:

- Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación, como sistema averiados de frenos, eléctricos, de suspensión y dirección.
- Mantenimiento adecuado del vehículo.

- **Factor climático**

Existe, por otra parte, todo un conjunto de elementos “cambiantes” que modulan e influyen en la conducción de forma más imprevisible, intemporal o incidental como son:

- Lluvia: sobre el pavimento se forma una película lubricante que facilita el deslizamiento del vehículo. Debe reducirse la velocidad y aumentar el espacio con el vehículo. Después de circular por una vía mojada recupere los frenos, dando varios toques cortos y suaves.

- Niebla: se debe conectar el alumbrado de cruce y antiniebla. Disminuya la velocidad y aumente la distancia con el vehículo que le preceda.
- Viento: aumenta el riesgo de desplazamiento o vuelco. Se debe aminorar la marcha, sujetar firmemente el volante, y extremar la atención en los pasos de zonas protegidas a desprotegidas.
- Hielo: supone una pérdida total de adherencia. El frenado deberá ser muy ligero. En caso de pérdida de control, no frene y levante el pie del acelerador y gire el volante hacia donde vaya la parte trasera del vehículo.
- Nieve: es necesario el uso de cadenas. Realizar movimientos suaves, utilizando marchas altas. Es recomendable seguir las marchas de los otros vehículos.

- **Factor estructural de tránsito**

Estas involucran las deficiencias viales que pueden existir en las vías urbanas por donde transitan diariamente los vehículos de transporte terrestre de carga, como lo son los errores de señalización, calzada en mal estado, falta de visibilidad e iluminación., entre otros.

## V. Análisis de Datos

En el siguiente apartado se indican los antecedentes del área de estudio y posteriormente un análisis descriptivo por ciudad, como resultado de la recolección de los datos otorgados por Carabineros de Chile y CONASET. Para el análisis correspondiente se consideran las variables año, mes, día, hora, tipo de accidente, factores, estado de los ocupantes, edad, sexo y tipo de vehículo involucrado en accidentes con vehículos de transporte terrestre de carga.

### A. Antecedentes del área de estudio

El área de estudio corresponde a dos comunas de la región de Valparaíso; Viña del Mar y Valparaíso, respectivamente.

Valparaíso, ciudad patrimonial, es capital de la provincia y región de Valparaíso, la cual corresponde al centro histórico, universitario y principal núcleo urbano del Área Metropolitana de Valparaíso, que forma junto a las comunas de Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Concón. Según el Censo del 2017, Valparaíso cuenta con una población de 296.655 habitantes y si se incluye su conurbación, alcanza 952.000 habitantes aproximadamente, siendo la segunda área metropolitana más poblada de Chile. Además, Valparaíso cuenta con un parque vehicular de 56.992 vehículos aproximadamente hasta el año 2016, de los cuales el 4,3% corresponden a vehículos de transporte terrestre de carga (Tabla 1).



*Figura 1. Mapa geográfico comunal de Valparaíso. Fuente: Google Maps.*

Viña del Mar es también conocida como “Ciudad Jardín” por estar originalmente rodeada de grandes áreas verdes y preservar en la actualidad hermosos y extensos jardines. La comuna pertenece a la provincia y región de Valparaíso con una población de 334.248 habitantes según el Censo del 2017. Viña del Mar cuenta con un parque vehicular de 89.133 vehículos hasta el año 2016, de los cuales el 1,8% corresponden a vehículos de transporte terrestre de carga (tabla 1).



*Figura 2. Mapa geográfico comunal de Viña del Mar. Fuente: Google Maps.*

**Tabla 1. Permisos de Circulación de Transporte de Carga año 2015.**

<b>Transporte</b> <b>Permisos de Circulación - Transporte de Carga<sup>6</sup>,</b> <b>Región de Valparaíso, según Provincias y Comunas, Año 2015/<sup>P</sup></b>					
Región	Tipo de Vehículo (número)				
	Transporte de carga				
	Camión simple	Tractocamión	Tractor agrícola	Otros con motor <sup>/13</sup>	Remolque y semirremolque
<b>Total País 2015</b>	<b>148.093</b>	<b>44.205</b>	<b>9.055</b>	<b>18.562</b>	<b>71.544</b>
<b>Región de Valparaíso</b>	<b>12.712</b>	<b>5.102</b>	<b>376</b>	<b>1.392</b>	<b>7.092</b>
<b>Valparaíso</b>	<b>3.916</b>	<b>1.612</b>	<b>14</b>	<b>613</b>	<b>2.368</b>
Valparaíso	1.208	492	5	211	800
Casablanca	418	364	6	42	644
Concón	768	209	1	118	246
Puchuncaví	203	85	2	56	125
Quintero	155	291	-	30	346
Viña del Mar	1.164	171	-	156	207

*Fuente: Instituto Nacional de estadísticas Valparaíso.*

Como se observa en la tabla anterior, Valparaíso hasta el año 2015 tiene un registro de 3.916 camión simple, 1.612 tractocamión y 2.368 remolque y semirremolque, siendo un total aproximado de 7.896 vehículos de transporte terrestre de carga. Para Viña del Mar, 1.208 camión simple, 492 tractocamión y 800 remolque y semirremolque inscritos hasta el año 2015.

## B. Análisis Descriptivo

Para el estudio, se utiliza una base de datos oficial proporcionada por Carabineros de Chile, de todos los siniestros de tránsito ocurridos en el país durante los años 2010 y 2015.

Como procedimiento, se filtran los accidentes ocurridos en la Región de Valparaíso de las comunas de Viña del Mar y Valparaíso, respectivamente. Luego, se ordenan los atributos tales como causas, vehículos involucrados, personas fallecidas y lesionadas, tipo de accidente según CONASET, entre otros atributos utilizados en el análisis descriptivo y por último se verifica que todos los accidentes cuenten con toda la información de sus atributos. En este caso, se trabajará con el 63% de los siniestros ocurridos durante el periodo de estudio ya que muchos de los accidentes no poseen información suficiente para



para ser considerados en este análisis. En total se cuentan con 641 accidentes para Valparaíso y 344 accidentes para Viña del Mar.

Fecha	Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Día	Hora	Horario	Región	Comuna	Zona	Estado Atm.	Grupo Causa	Factor	Tipo Accidente	Grupo Tipo	Tipo Vehículo	Calidad	Sexo	Edad	Resultado	Condición Física
20-01-2010	Enero	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	13:30:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Lado/Lado	Choque	CAMION SIMPL PASAJERO	MASCULINO	65	GRAVE		EBRIDAD	
09-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	MARTES	0:00:00	Horario 1	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Poster/Choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	66	LEVE		NORMAL	
10-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	16:00:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	22	LEVE		NORMAL	
16-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	MARTES	13:30:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL PASAJERO	FEMENINO	25	ILESO		NORMAL	
17-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	21:30:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Frente/choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	FEMENINO	49	ILESO		NORMAL	
25-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	LUNES	18:30:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Frente/choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	51	ILESO		NORMAL	
26-02-2010	Febrero	0	0	0	0	0	VIERNES	17:20:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION POR	Colisión	CAMION SIMPL PEATON	MASCULINO	39	MUERTO		EBRIDAD	
08-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	LUNES	17:00:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	24	LEVE		FATIGA	
09-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	MARTES	14:00:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	34	ILESO		NORMAL	
12-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	VIERNES	16:35:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL PASAJERO	FEMENINO	52	ILESO		NORMAL	
19-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	VIERNES	0:00:00	Horario 1	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Alcohol en Con Humano	Volcadura	Volcadura	TRACTO-CAMIO CONDUCTOR	MASCULINO	57	ILESO		NORMAL	
23-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	MARTES	12:10:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	18	LEVE		NORMAL	
29-03-2010	Marzo	0	0	0	0	0	LUNES	17:40:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	76	LEVE		NORMAL	
13-04-2010	Abril	0	0	0	0	0	MARTES	14:35:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	TRACTO-CAMIO CONDUCTOR	MASCULINO	50	ILESO		NORMAL	
14-04-2010	Abril	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	7:50:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Frente/choque	Choque	CAMION SIMPL PEATON	MASCULINO	43	GRAVE		NORMAL	
15-04-2010	Abril	0	0	0	0	0	JUEVES	22:00:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	TRACTO-CAMIO CONDUCTOR	FEMENINO	33	ILESO		NORMAL	
26-04-2010	Abril	0	0	0	0	0	LUNES	14:23:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Otras causas	Entorno	Caida	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	25	MENOS GRAVE		NORMAL	
27-04-2010	Abril	0	0	0	0	0	MARTES	14:10:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Caida	Caida	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	60	LEVE		NORMAL	
01-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	SÁBADO	0:15:00	Horario 1	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	LLUVIZNA	Pérdida de Cor Humano	Choque	Choque	CAMION SIMPL PASAJERO	MASCULINO	65	GRAVE		NORMAL	
07-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	VIERNES	11:10:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	TRACTO-CAMIO CONDUCTOR	MASCULINO	35	LEVE		NORMAL	
13-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	JUEVES	11:00:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION FROM	Colisión	TRACTO-CAMIO CONDUCTOR	MASCULINO	57	ILESO		NORMAL	
18-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	MARTES	21:05:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Desobedienci	Humano	COLISION	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	18	ILESO		NORMAL
19-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	17:45:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	CAMION SIMPL PASAJERO	MASCULINO	33	GRAVE		BAJO INFLUENCIA	
20-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	JUEVES	17:55:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Lado/Lado	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	23	LEVE		NORMAL	
20-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	JUEVES	18:30:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Otras causas	Entorno	Otro Tipo	CAMION SIMPL PEATON	MASCULINO	29	ILESO		NORMAL	
22-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	SÁBADO	22:00:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	26	ILESO		NORMAL	
25-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	MARTES	18:15:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Frente/choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	45	ILESO		NORMAL	
25-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	MARTES	18:10:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	35	ILESO		EBRIDAD	
27-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	JUEVES	10:00:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	33	LEVE		NORMAL	
30-05-2010	Mayo	0	0	0	0	0	DOMINGO	8:35:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION POR	Colisión	CAMION SIMPL PEATON	MASCULINO	51	LEVE		NORMAL	
02-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	MARTES	18:30:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	44	LEVE		NORMAL	
05-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	JUEVES	20:00:00	Horario 4	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	39	ILESO		NORMAL	
09-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	MARTES	10:45:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Choque Frente/choque	Choque	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	59	ILESO		NORMAL	
10-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	12:00:00	Horario 3	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	COLISION LATEI	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	37	ILESO		NORMAL	
16-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	MIÉRCOLES	10:30:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	DESPEJADO	Imprudencia d Humano	Atropello	Atropello	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	54	LEVE		NORMAL	
17-06-2010	Junio	0	0	0	0	0	JUEVES	10:50:00	Horario 2	V REGION VALP	VALPARAISO	URBANO	LLUVIZNA	Pérdida de Cor Humano	COLISION	Colisión	CAMION SIMPL CONDUCTOR	MASCULINO	23	ILESO		NORMAL	

Figura 5: Imagen referencial de los datos estudiados.

Según la base de datos proporcionada por Carabineros de Chile en el área de estudio, se registran un total de 16.840 vehículos involucrados en accidentes de tránsito entre los años 2010 y 2015, los cuales dejaron un saldo de 160 fallecidos y alrededor de 32.852 lesionados de diversa gravedad (ver tabla 2). Esto corresponde al 3,10% de los siniestros de tránsito registrados a lo largo de todo el país para el mismo periodo.

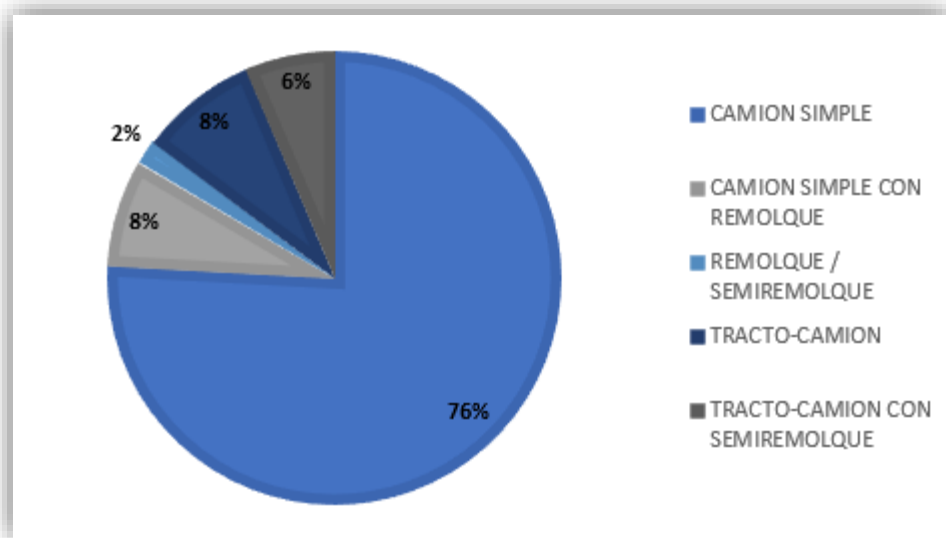
Tabla 2. Total general de siniestros de tránsito en Viña del Mar y Valparaíso en el periodo 2010 - 2015.

Año	Accidentes	Fallecidos	Lesionados				Total lesionados
			Graves	Menos Graves	Leve	Ilesos	
2010	2042	25	222	73	1376	3093	4764
2011	2293	27	160	92	1342	2911	4505
2012	2378	29	195	90	1451	2949	4685
2013	3080	26	227	89	1574	4251	6141
2014	2843	23	164	72	1343	3741	5320
2015	3844	30	306	103	1868	5160	7437
<b>Total general</b>	<b>16.480</b>	<b>160</b>	<b>1.274</b>	<b>519</b>	<b>8.954</b>	<b>22.105</b>	<b>32.852</b>

Fuente: Carabineros de Chile.

## 1. Análisis descriptivo Viña del Mar

Para el análisis correspondiente a Viña del Mar, se consideran todos los tipos de camión. Como se puede observar en la figura 3, camión simple es el tipo de vehículo de transporte terrestre de carga que mayor tasa de accidentabilidad presenta, con el 76% de los accidentes ocurridos durante el 2010 al 2015.



*Figura 3: Porcentaje de vehículos de transporte terrestre de carga involucrados en accidentes de tránsito en Viña del Mar.*

Este tipo de camión, con un 49% sufre principalmente siniestros con automóviles y en segundo lugar con bus o taxi bus. Como se observa, este estudio se realiza en zonas urbanas de la comuna, por lo que los accidentes con vehículos de tracción animal y animales no se consideran pero sí representan un porcentaje significativo de accidentes en general.

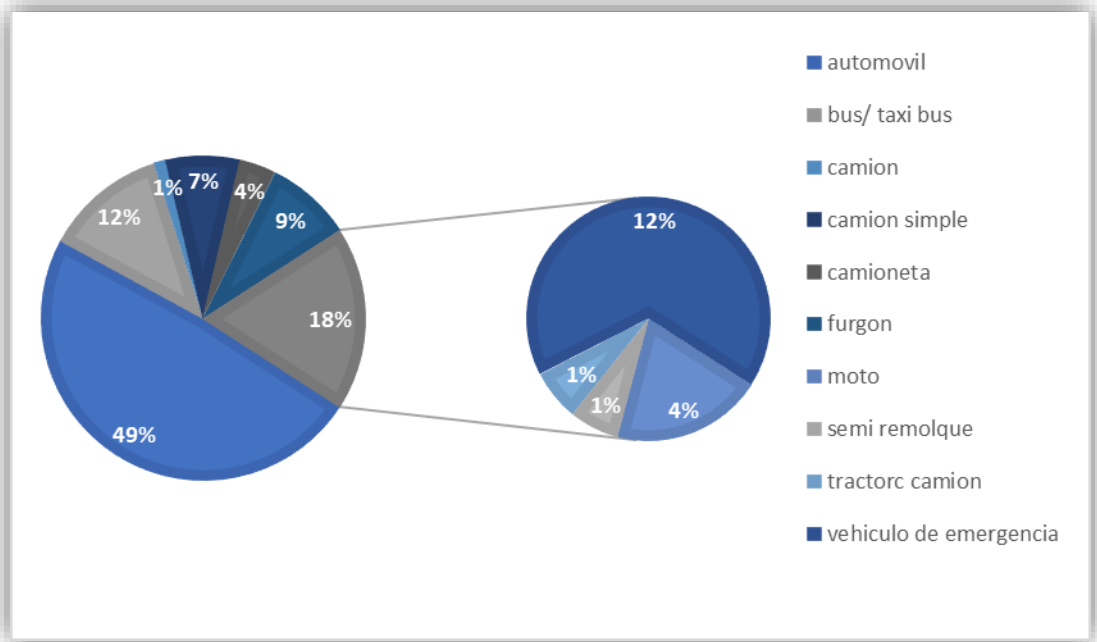
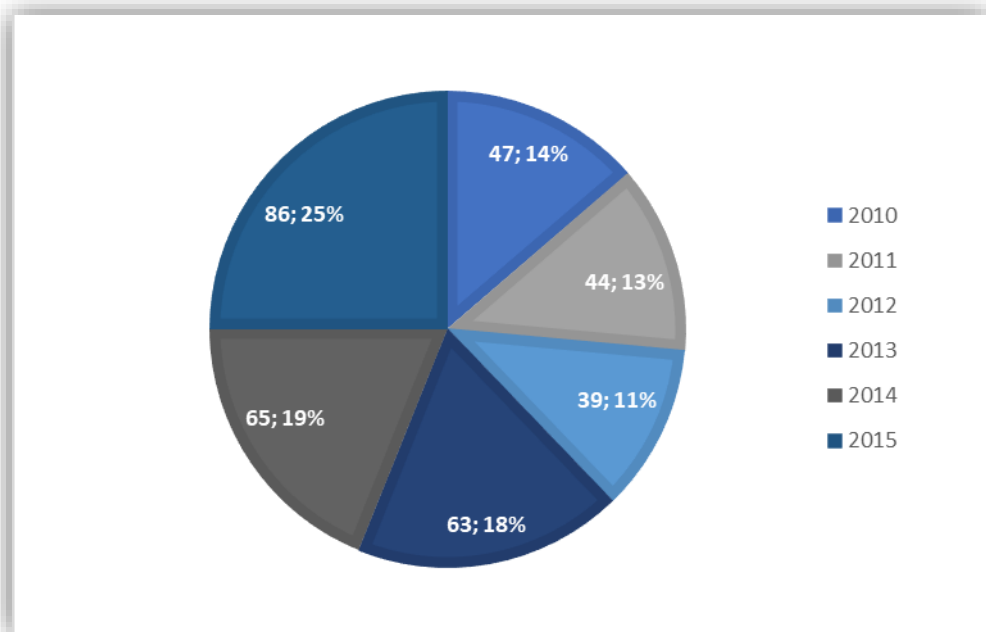
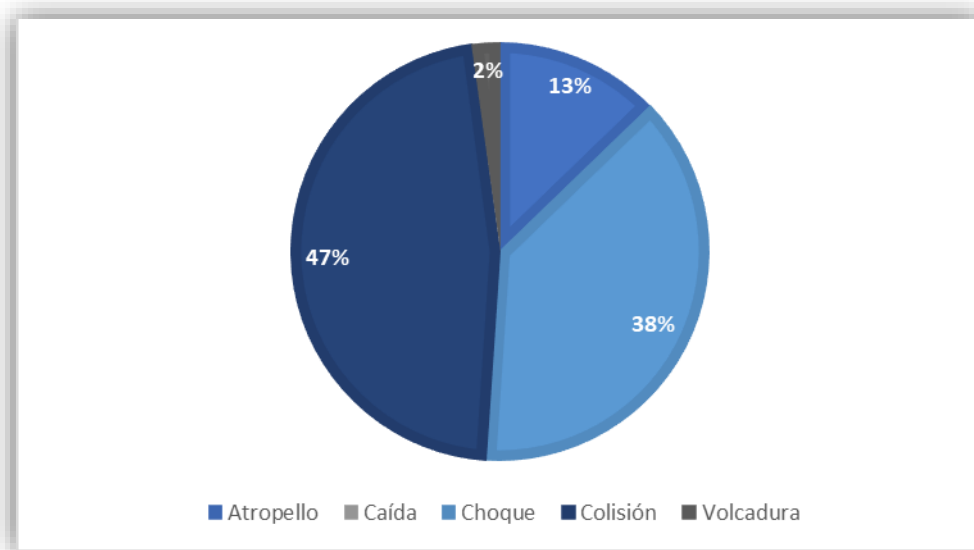


Figura 3.1: Vehículos involucrados en accidentes de tránsito con Camión Simple.



*Figura 3.2: Porcentaje de accidentes en Viña del Mar de vehículos de transporte terrestre de carga de los años 2010 al 2015.*

Se puede observar que en el año 2015, en Viña del Mar se registran la mayor cantidad de siniestros con vehículos de transporte terrestre de carga. Si bien, este porcentaje no tiene relación con la cantidad de vehículos que transitan por Viña del Mar, si tiene relación con la vía urbana en que se produjo el accidente.

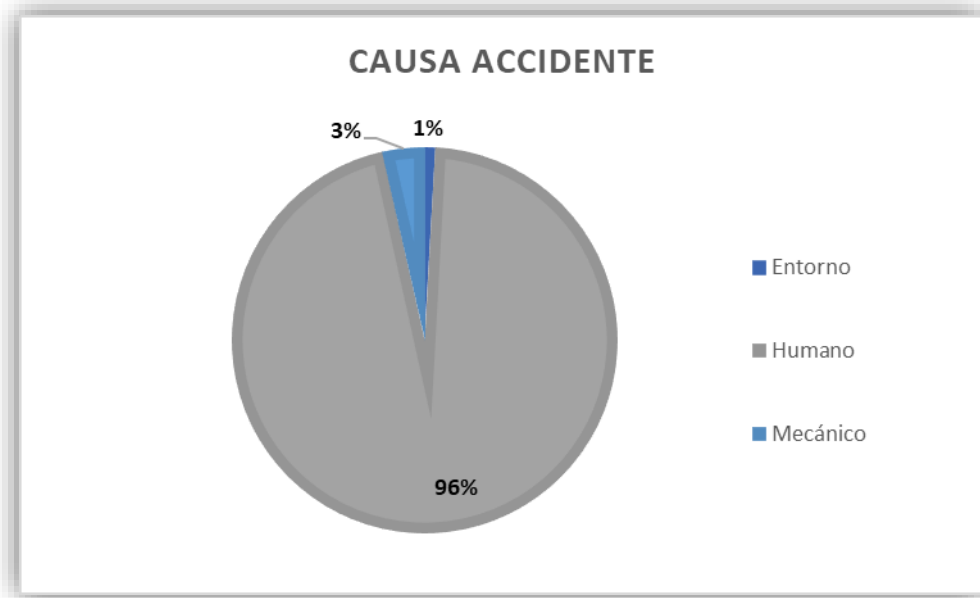


*Figura 3.3: Porcentaje de tipos de accidentes en Viña del Mar.*

**Tabla 3: Cantidad anual de los tipos de accidentes ocurridos en Viña del Mar.**

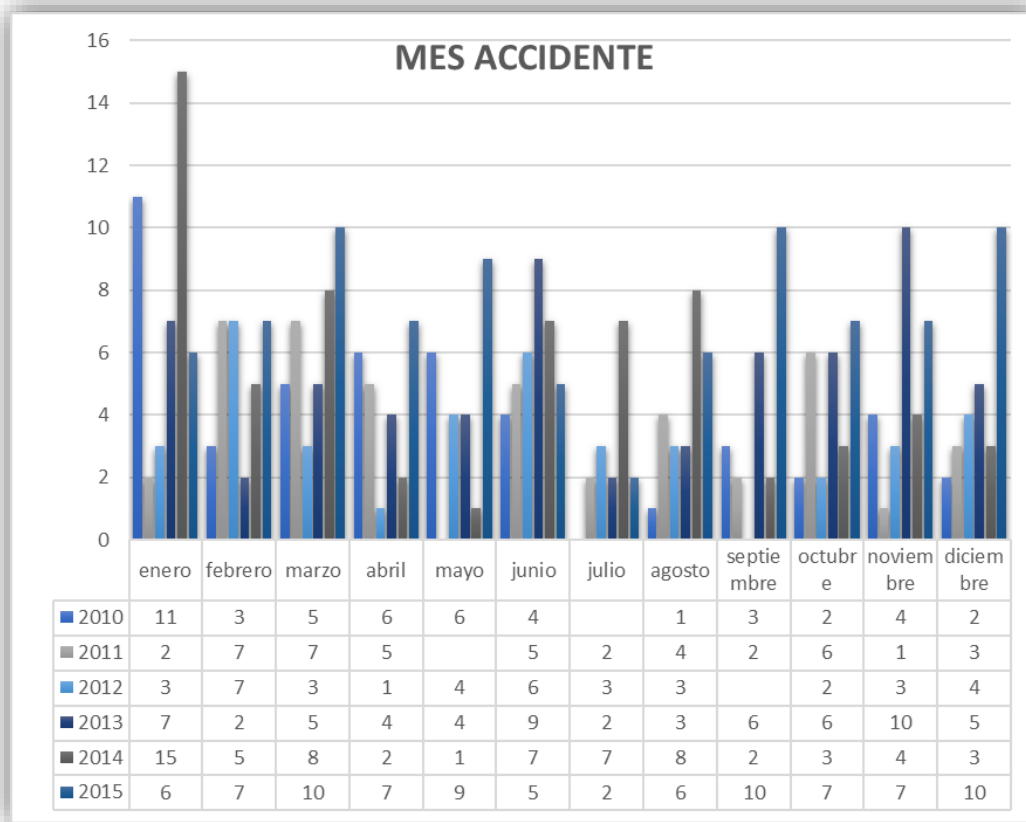
Tipo de Accidente	Año						Total general
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Atropello	6	8	5	10	9	13	51
Caída	0	1	0	1	1	1	4
Choque	18	12	14	21	21	28	114
Colisión	22	22	20	29	33	42	168
Volcadura	1	1	0	2	1	2	7
<b>Total general</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>39</b>	<b>63</b>	<b>65</b>	<b>86</b>	<b>344</b>

El tipo de accidente que mayor tasa de accidentabilidad presenta es el tipo de colisión. Esta categoría de accidentes se produce cuando ambos cuerpos o vehículos están en movimiento, ya sea que viajen en direcciones opuestas o bien en la misma dirección produciendo lo que se llama colisión por alcance.



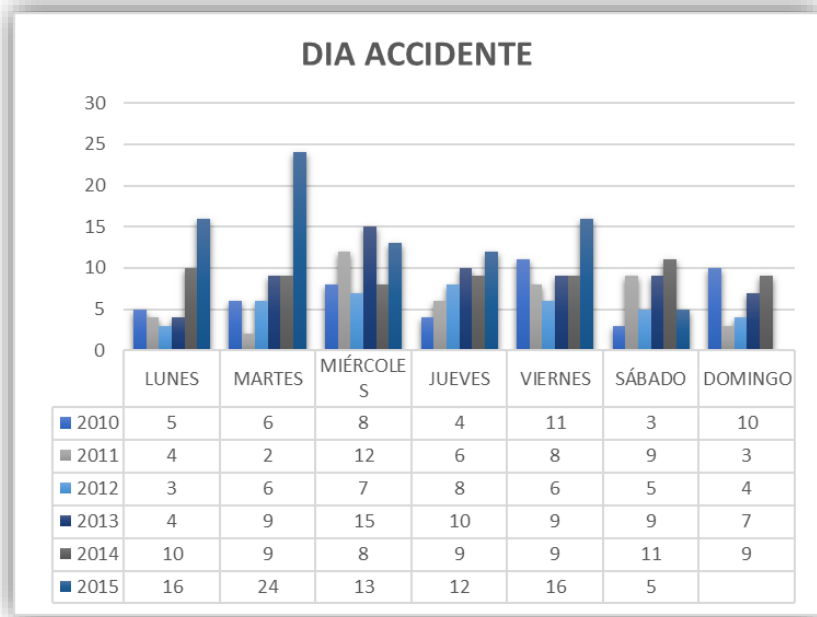
*Figura 3.4: Causas de Accidentes Viña del Mar.*

De acuerdo con las causas que originan estos accidentes, se agruparon por tipo de factor que deriva a estas. El más influyente es el factor humano, siendo una de las causas que mayor culpabilidad tiene al momento de ocurrir un accidente, por tener educación vial de respetar las señalizaciones o conducir no atento a las condiciones presentes en el tránsito.



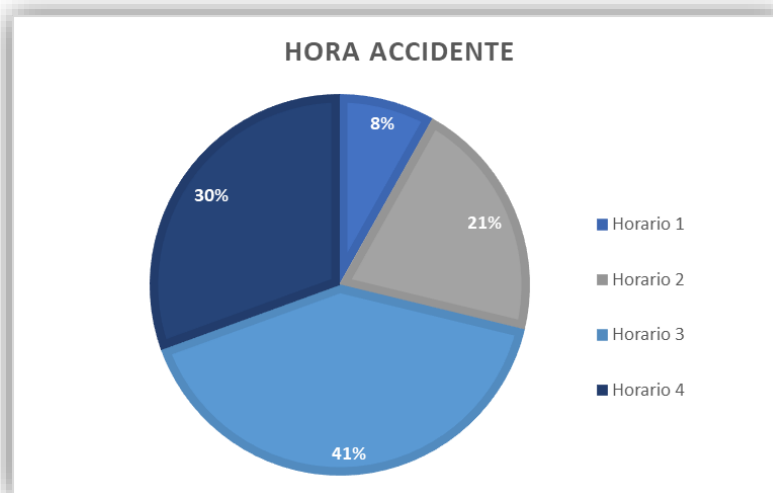
*Figura 3.5: Mes de ocurrencia de accidentes Viña del Mar.*

Para el año 2014, la mayor cantidad de accidentes se registran en enero con 15 siniestros con un tipo de vehículo de transporte terrestre de carga. En los meses marzo, septiembre, noviembre y diciembre ocurren la misma cantidad de accidentes pero en distinto año y zona urbana de Viña del Mar.



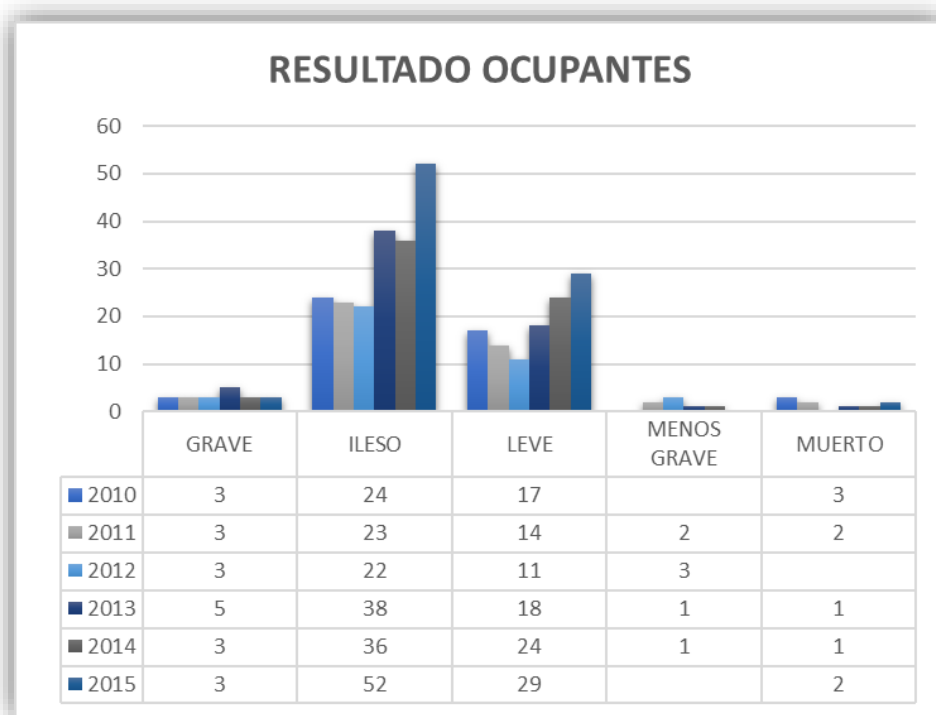
*Figura 3.6: Día del suceso Viña del Mar.*

Se observa que en el año 2015 la mayor cantidad de accidentes ocurren el día martes. Para el año 2010, si bien la cantidad de accidentes es mejor, el día viernes es cuando más siniestros se producen. En el análisis posterior, se verán las vías en donde más accidentes ocurren durante este periodo.



*Figura 3.7: Rango horario accidente Viña del Mar.*

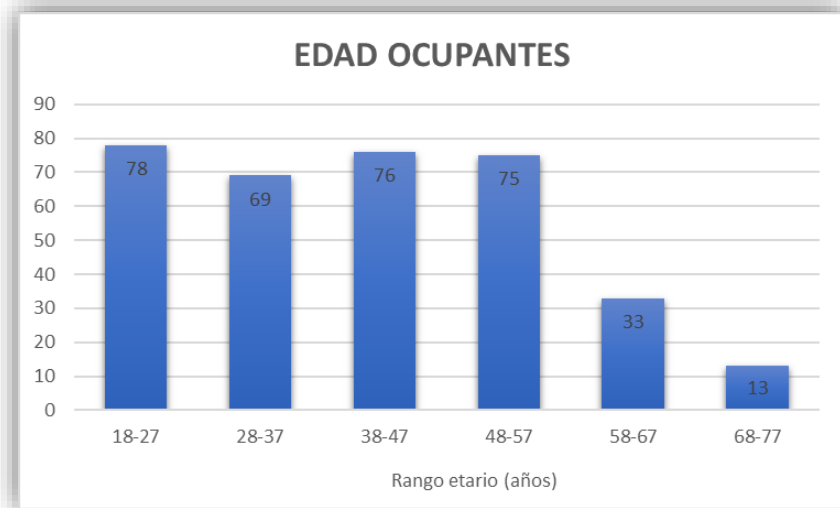
Para tener un orden en la hora que ocurren los siniestros se realiza una agrupación por jornadas, éstas son de 6 horas cada una. El “Horario 1” comienza desde las 0:00 a 5:59, el “Horario 2” contempla desde las 6:00 a 11:59, “Horario 3” desde las 12:00 a 17:59 y finalmente el “Horario 4” corresponde desde las 18:00 a 23:59 horas. Se observa que en la jornada de 12:00 a 17:59 horas se presentan una gran cantidad de eventos accidentales con un 41% en la ciudad de Viña del Mar.



*Figura 3.8: Resultado de ocupantes Viña del Mar.*

Se realiza un análisis del resultado de los involucrados en el accidente y luego de 24 horas del suceso. Se observa que gran cantidad de los ocupantes resultaron ilesos o con heridas leves y un número significativo de fallecidos, ya que la tasa de fallecidos en vehículos de transporte terrestre de carga es muy alta a lo largo del país.





*Figura 3.9: Edad de ocupantes Viña del Mar.*

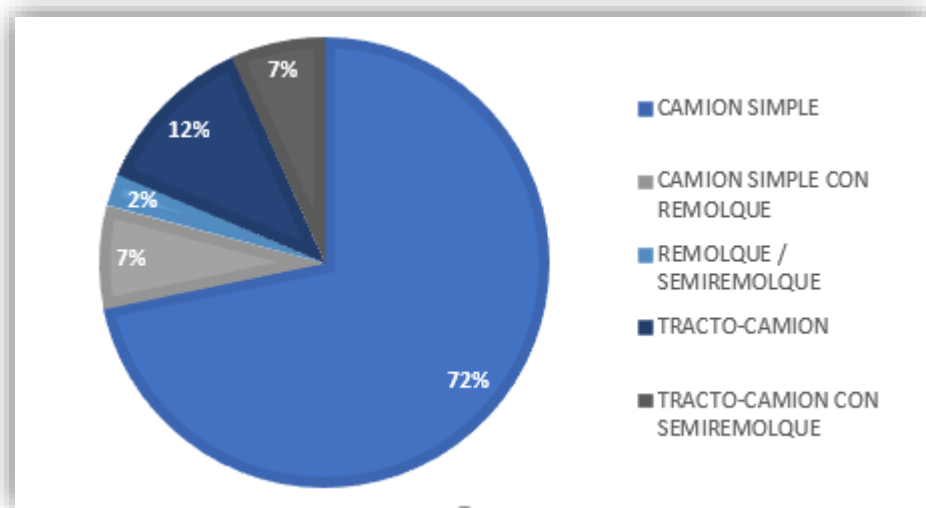
Se observa que jóvenes entre los 18 y 27 años son quienes presentan mayor tasa de accidentabilidad. Esto puede tener distintos temas en discusión, ya sea por la imprudencia o manejar a la defensiva o bien por la falta de experiencia manejando este tipo de vehículos.



*Figura 3.10: Sexo Ocupantes Viña del Mar.*

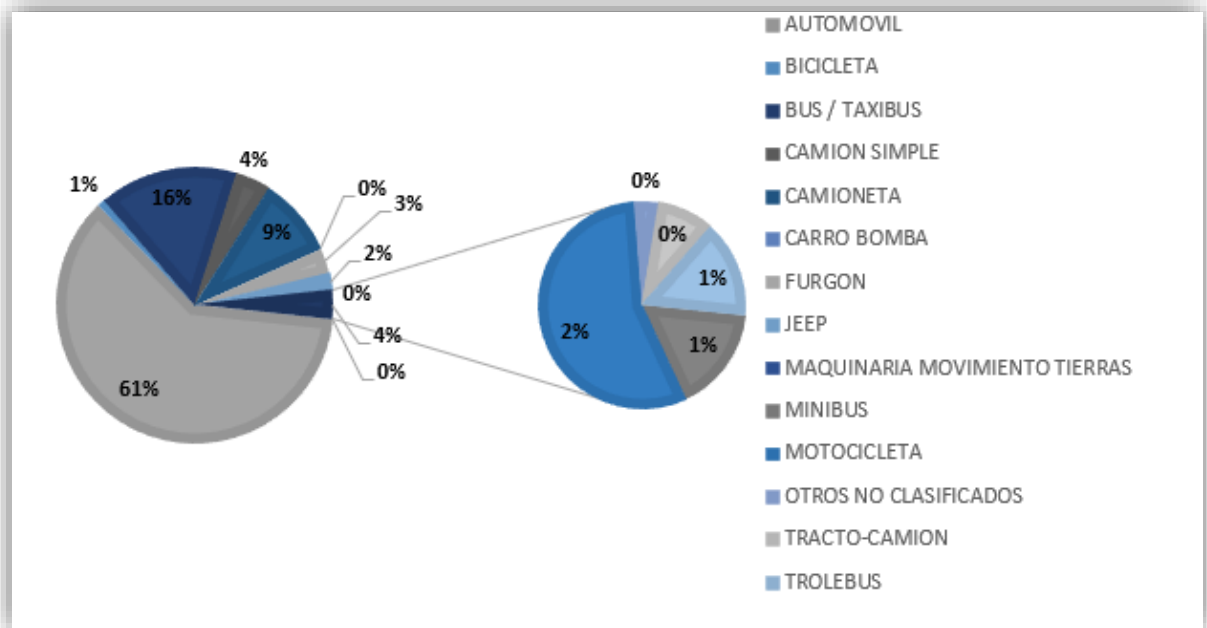
## 2. Análisis descriptivo Valparaíso

Para el análisis correspondiente a Valparaíso, se observa que el camión simple tiene una mayor tasa de accidentabilidad del 73% de la totalidad de los datos de vehículos de transporte terrestre de carga analizados. Por otro lado, en segundo lugar se encuentra el vehículo tipo “tractocamión” con un 12% de accidentabilidad correspondiente desde el año 2010 hasta 2015 como se observa en la Figura 4.



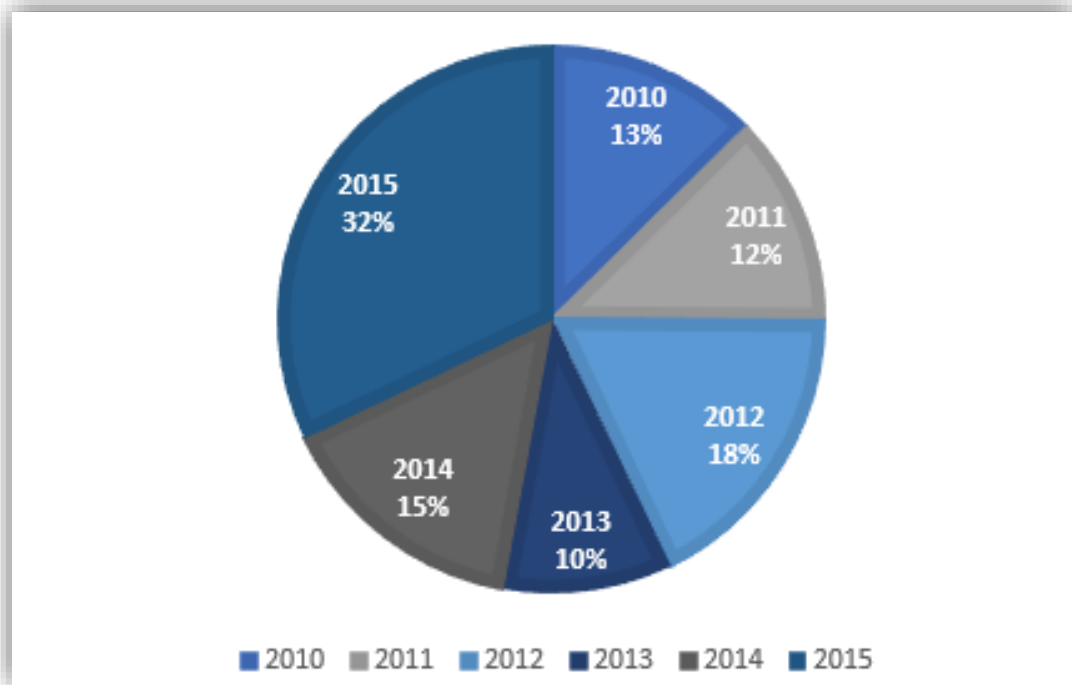
*Figura 4: Tipo de camión involucrado en accidentes de tránsito en Valparaíso.*

Como se indica en la figura 4.1, una gran cantidad de los accidentes acontecidos se ven involucrados con el 61% de automóviles, 16% bus o taxibus y aproximadamente el 8% con camiones de su misma característica.



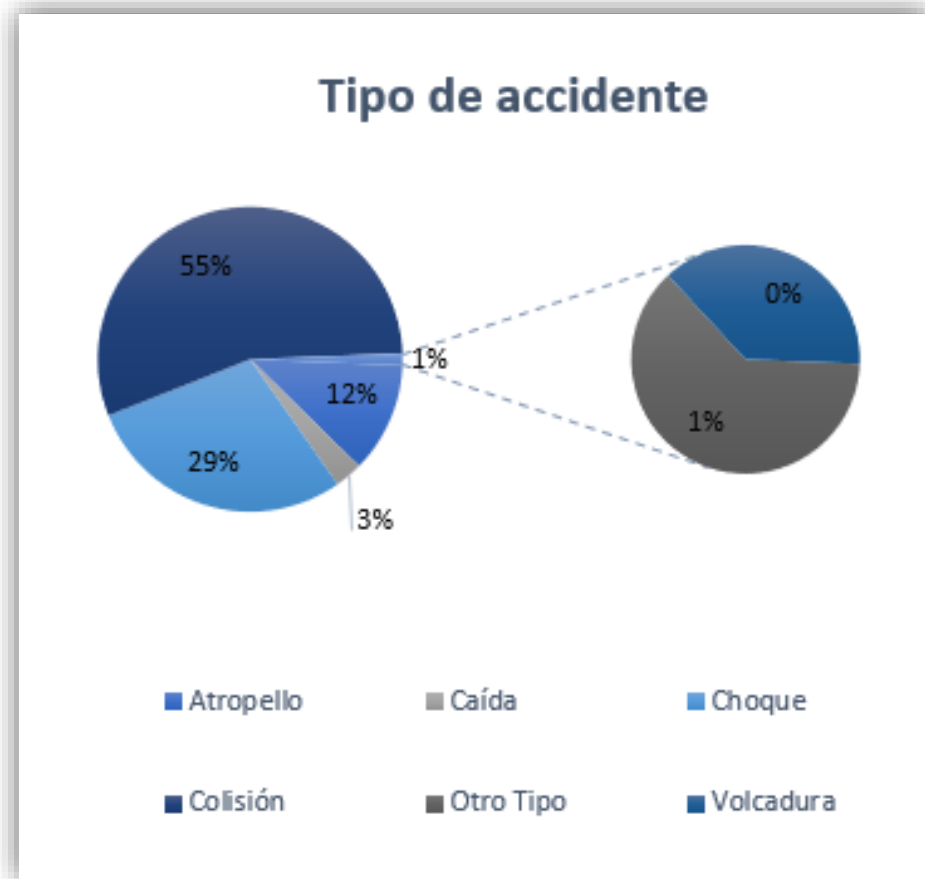
*Figura 4.1: Vehículos involucrados en accidentes con Camión Simple*

En la comuna de Valparaíso, se puede distinguir que en el año 2015, al igual que en la comuna de Viña del Mar, se registran la mayor cantidad de accidentes, con una tasa del 32% de los datos estudiados, dejando como resultado una gran cantidad de personas con lesiones de diversa gravedad.



*Figura 4.3: Porcentaje de accidentes por año de Valparaíso.*

Se puede observar que en cuanto al tipo de accidente, el atributo que mayor tendencia presenta durante los años en estudio es el tipo “colisión”, siendo el año 2015 el que presenta gran magnitud de eventos, ya que en general es el año que expone una importante cantidad de accidentes (Figura 4.4). Cabe señalar que, el “no estar atento a las condiciones de tránsito” es la causa principal del por qué ocurren los accidentes.



*Figura 4.4: Tipo de Accidente Valparaíso.*

**Tabla 4: cantidad total por año de tipo de accidente de Valparaíso.**

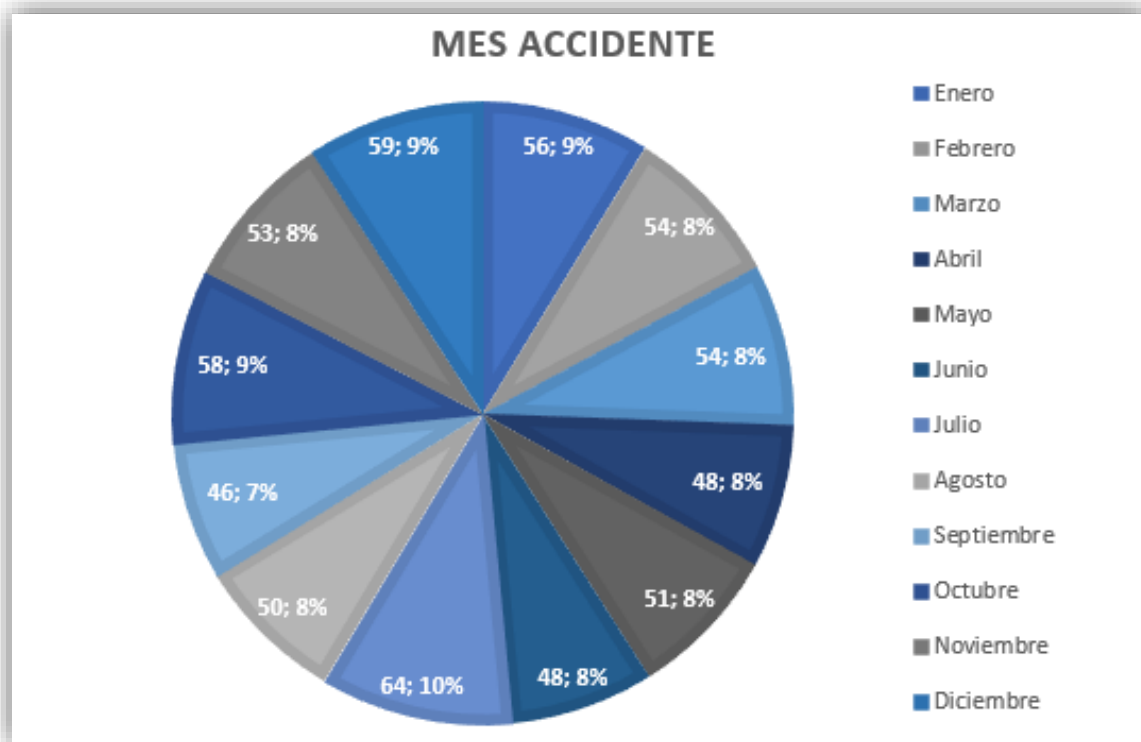
Tipo de accidente	Año						Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Atropello	14	6	17	9	12	17	75
Caída	3	3	7	3	1	2	19
Choque	18	29	33	17	15	72	184
Colisión	43	41	54	34	68	115	355
Otro Tipo	2	1	1	1			5
Volcadura	1		2				3
<b>Total general</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>114</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>206</b>	<b>641</b>



*Figura 4.5: Causa de Accidente Valparaíso.*

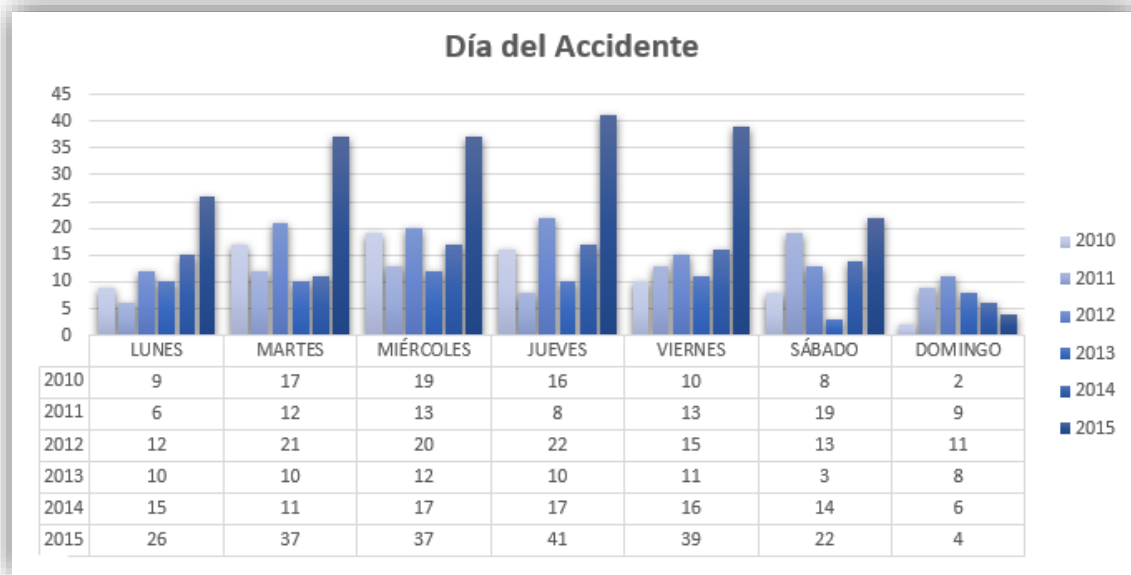
Tal como se mencionó en el capítulo anterior, la causa de los accidentes se agrupó en 4 diferentes factores que intervienen en estos eventos.

En la figura 4.5 se observa que el 91% de los accidentes son por razones humanas. Se sabe que estos eventos no suceden por casualidad, siempre hay algún motivo en que el humano es causante de este tipo de siniestros. Conaset indica que la mayor causa por la cual se producen los accidentes es por la imprudencia del conductor o por no mantener una distancia prudente en la conducción.

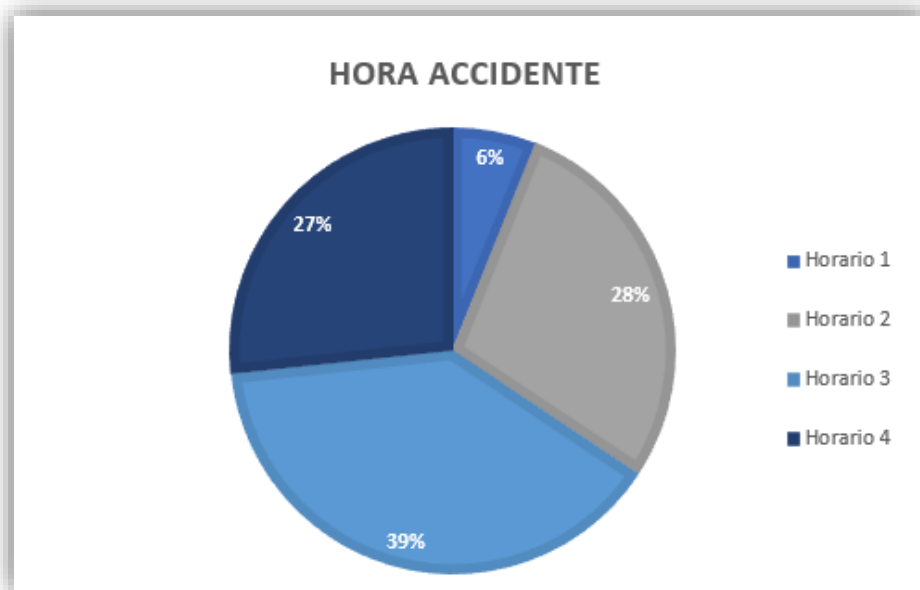


*Figura 4.6: Mes de ocurrencia Accidente Valparaíso.*

En cuanto al mes de ocurrencia, el año 2015 presenta la mayor cantidad de accidentes registrados durante julio. Para el año 2013, se observa que la mayor cantidad de accidentes sucedieron en el mes de noviembre. De manera general se observa que en promedio se produjeron la misma cantidad de accidentes en la totalidad de meses del periodo estudiado. (ver figura 4.6).



*Figura 4.7: Día de Ocurrencia Valparaíso.*



*Figura 4.8: Hora de Ocurrencia Valparaíso.*

Para el día y hora del accidente, en la figura 4.7 se observa que para el año 2015, de martes a viernes son los días que mayor tendencia presentan y el rango horario varía entre las 12:00 y 17:59 horas al igual que en Viña del Mar.



De manera contraria, la menor cantidad de accidentes acontecen entre las 0:00 y 5:59 horas en todos los años que se incluyen en este estudio (figura 4.8).

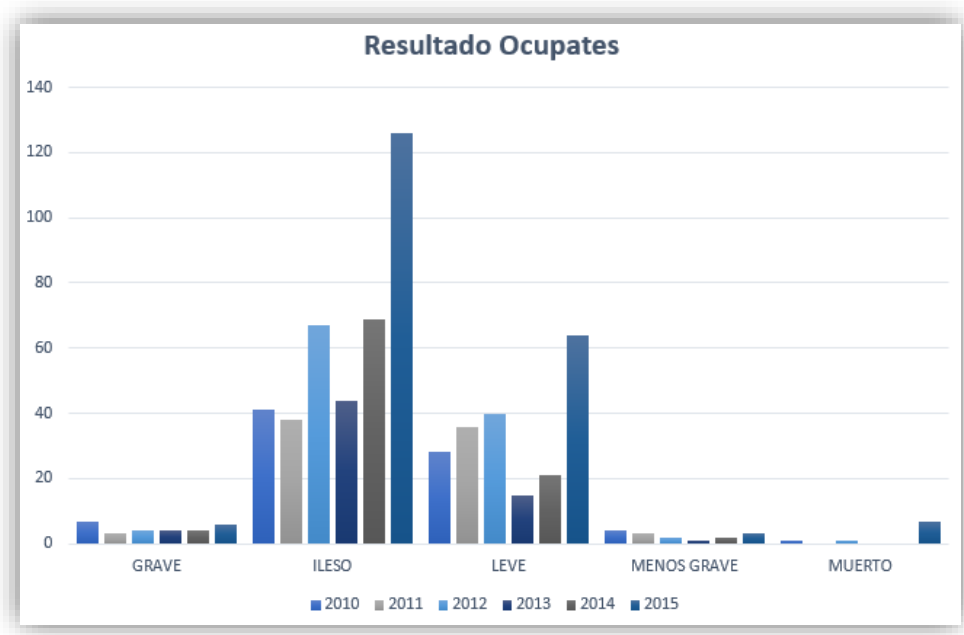


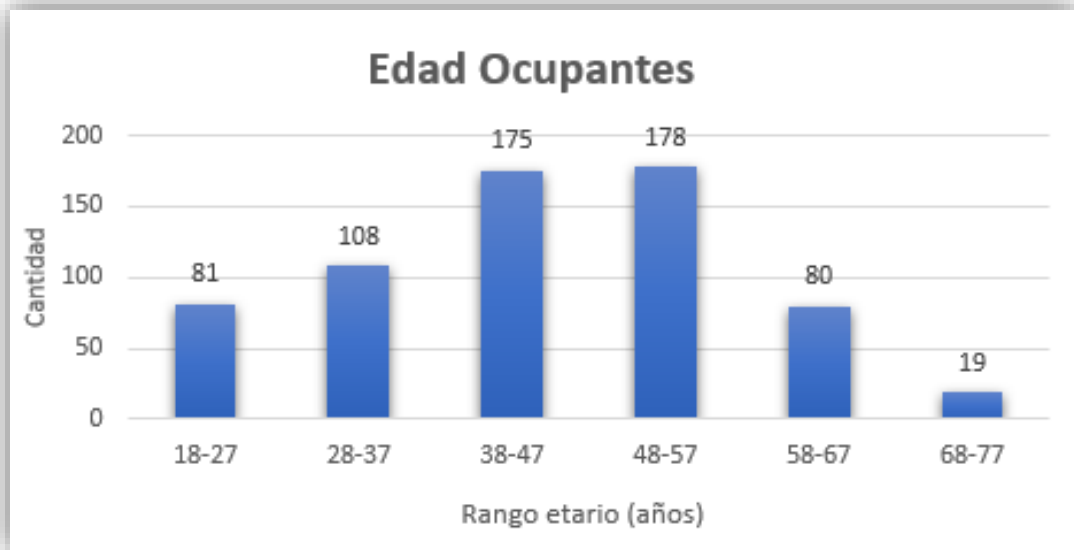
Figura 4.9: Estado Ocupantes Valparaíso.

Tabla 5: resultado de personas involucradas en accidentes de Valparaíso.

	GRAVE	ILESO	LEVE	MENOS GRAVE	MUERTO
2010	7	41	28	4	1
2011	3	38	36	3	
2012	4	67	40	2	1
2013	4	44	15	1	
2014	4	69	21	2	
2015	6	126	64	3	7

Tras la totalidad de accidentes con vehículos de transporte terrestre de carga analizados durante los años 2010 y 2015 dejan como resultado 9 personas fallecidas (esta cantidad corresponde a los ocupantes del camión) y lesionadas de diversa gravedad, considerándose el estado de los ocupantes hasta 24 horas después de ocurrido el accidente. Además, durante el año 2015 es donde

se producen una gran cantidad de accidentes, dejando como resultado casi en su totalidad una gran cantidad de personas ilesas (Figura 4.9).



*Figura 4.10: Edad Ocupantes Valparaíso.*



*Figura 4.11: Sexo Ocupantes Valparaíso.*

Al igual que en la ciudad de Viña del Mar, se observa que personas del sexo masculino cuyas edades varían entre los 48 y 57 años.

## VI. Revisión bibliográfica

Para el estudio se considera revisión bibliográfica de tres estudios realizados en ciudades del mundo como Turquía y Nueva York. Estos involucran resultados importantes con factores de riesgo, factores estructurales y falta de educación vial.

Journal of Safety Research (October 2009). *Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey*. El objetivo del estudio es describir las diferencias interprovinciales en accidentes de tráfico y mortalidad en carreteras de Turquía donde se utilizan dos indicadores de riesgo diferentes para evaluar el rendimiento de la seguridad vial de las provincias de dicho país.

Accident Analysis and Prevention (February 2017). *Truck crash severity in New York city: An investigation of the spatial and the time of day effects*. Este estudio investiga las diferencias entre los accidentes de camiones con un solo vehículo y vehículos múltiples en la ciudad de Nueva York. Los parámetros tomados en cuenta son el efecto de la hora del día, el efecto heterogéneo del peso del camión y otros factores que influyen, como las características del choque, las características del conductor y del vehículo, los factores del entorno construido y los atributos del volumen del tráfico.

Accident Analysis and Prevention (January 2014). *Differences in passenger car and large truck involved crash frequencies at urban signalized intersections: An exploratory analysis*. Indica diferencias importantes en los frentes de choque de automóviles, camiones y camiones con respecto a varios factores de riesgo entre los modelos analizados.

## VII. Geocodificación

Realizado el análisis, se procede a Geocodificar las direcciones de los accidentes, esto quiere decir que se obtienen las coordenadas de latitud y longitud para luego ser ubicadas en un mapa donde cada punto representa la localización de un evento de tránsito en las zonas urbanas de las comunas de Viña del Mar y Valparaíso. Antes de realizar este procedimiento se debe agregar una columna para el país, de manera tal crear una referencia geográfica para el programa a utilizar. Se utilizan dos herramientas distintas y se realiza una comparación de las coordenadas obtenidas para analizar cuan certero es el programa que se está utilizando y verificar cual es la mejor opción.

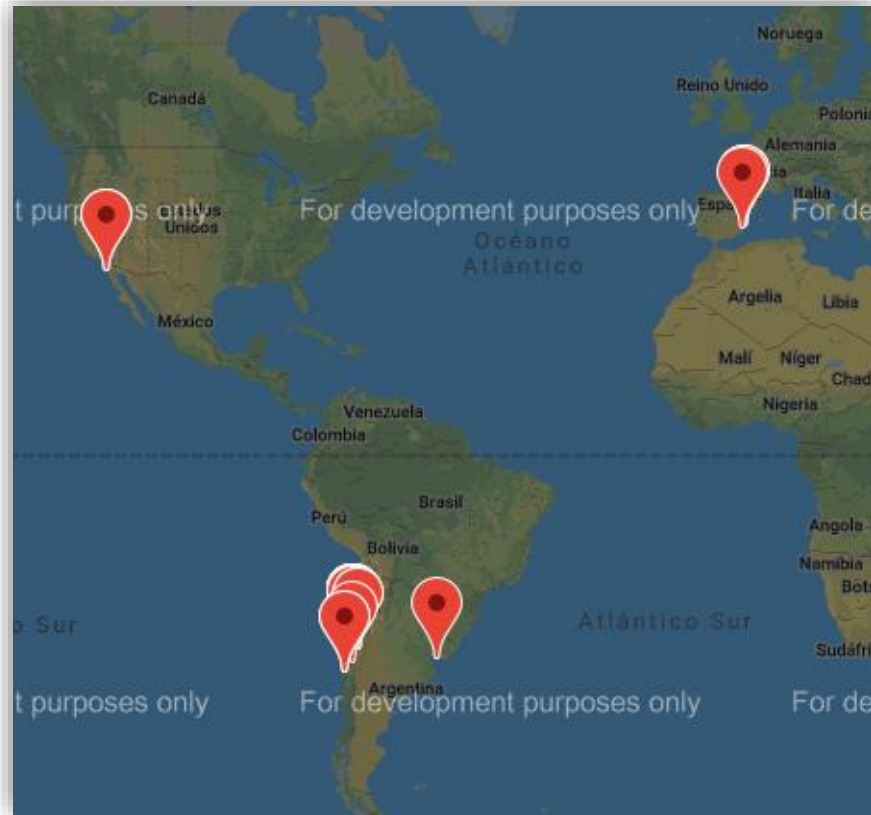
### A. Map Developers: batch geocode tool.

Esta herramienta de geocoding por lotes permite obtener 100 coordenadas de direcciones a la vez, teniendo como límite 500 operaciones por día e inmediatamente va creando un mapa virtual de Google Maps con los vectores obtenidos.



*Figura 6: página principal de Map Developers  
([http://www.mapdevelopers.com/batch\\_geocode\\_tool.php](http://www.mapdevelopers.com/batch_geocode_tool.php)).*

Las direcciones se ingresan en el recuadro y luego el programa de manera online va creando el mapa con las coordenadas generadas (ver figura 7).



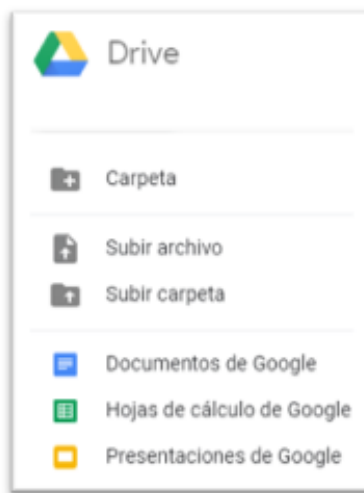
*Figura 7: mapa generado por Map Developers.*

Esta plataforma realizó el 67% de las geocodificaciones en la zona geográfica correcta, pero como se observa en la figura 7, el mapa indico que muchas de estas se encuentran en Estados Unidos, España y Uruguay por lo que esta herramienta no entrega vectores precisamente certeros.

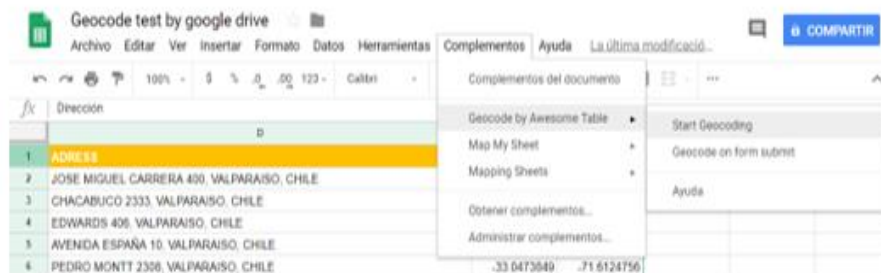
## B. Google Drive

Para utilizar esta herramienta, se debe crear una hoja de cálculo de Google con las direcciones que interesa Geocodificar. Luego, se debe instalar un complemento llamado “Geocode by awesome table”, y dar clic a “start geocoding”. Se abrirá una ventana al costado de la pantalla, en ella se debe indicar la hoja en donde se encuentran los datos y qué columna se desea Geocodificar y finalmente hacer clic en “Geocode!”.

Paso 1:



Paso 2:



Paso 3:

Geocode

Geocode gets latitudes and longitudes from **full addresses** and creates a customizable map.

Current sheet

Hoja 1

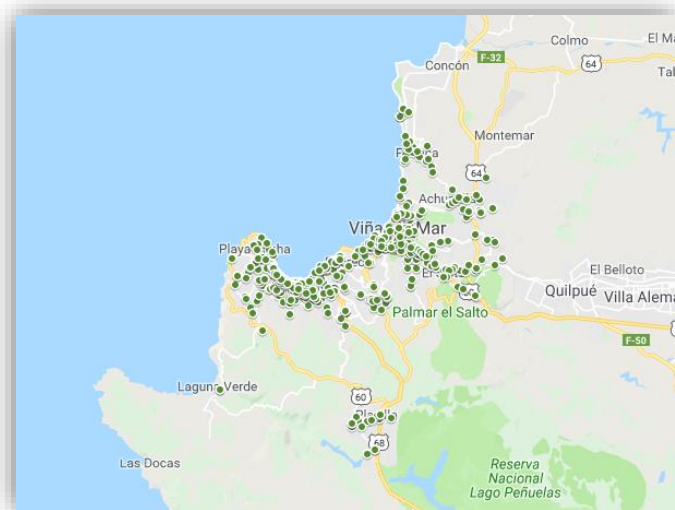
Address column

ADDRESS

Are your addresses in multiple columns?

Geocode!

Luego de que Google entrega las coordenadas, se puede crear un mapa desde la propia unidad para verificar si los vectores otorgados corresponden a la zona geográfica de los accidentes (ver Figura 8).



*Figura 8: Mapa creado con las coordenadas de las direcciones correspondientes a los accidentes en Valparaíso y Viña del Mar.*

Como se observa, la herramienta de Google Drive generó todas las coordenadas de las direcciones ingresadas. Esto notifica que dentro de las dos herramientas utilizadas es la que mejor resultado otorga.

## VIII. Metodología

Para entender a profundidad lo que se busca obtener con este estudio, se explicarán los índices que se utilizarán para el análisis de autocorrelación espacial y de clusterización.

### A. Moran's I Global

El índice de Moran Global es una medida de autocorrelación espacial desarrollada por Patrick Pierce Moran, lo que permite medir la autocorrelación espacial de ubicaciones y valores de entidades o atributos asociados evaluando si el patrón utilizado esta agrupado, disperso o es aleatorio.

Moran's I se define como:

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

Donde  $N$  es el número de unidades espaciales indexados por  $i$  y  $j$ ;  $X$  es la variable de interés;  $\bar{X}$  es la media de  $X$ ; y  $w_{ij}$  es un elemento de una matriz de pesos espaciales.

Su varianza y el valor esperado de la  $I$  de Moran bajo la hipótesis nula de no autocorrelación espacial son:

$$E(I) = \frac{-1}{N-1} \quad \text{Var}(I) = \frac{NS_4 - S_3S_5}{(N-1)(N-2)(N-3)(\sum_i \sum_j w_{ij})^2}$$

Sus valores oscilan entre -1 y +1. La autocorrelación espacial positiva ocurre cuando el  $I$  de Moran está cercano a 1, esto significa que los valores se agrupan. En cambio cuando el valor está cerca de -1 indica que los datos están dispersos, que no tienen relación entre sí. Un valor 0 para el  $I$  de Moran típicamente indica que no hay autocorrelación.

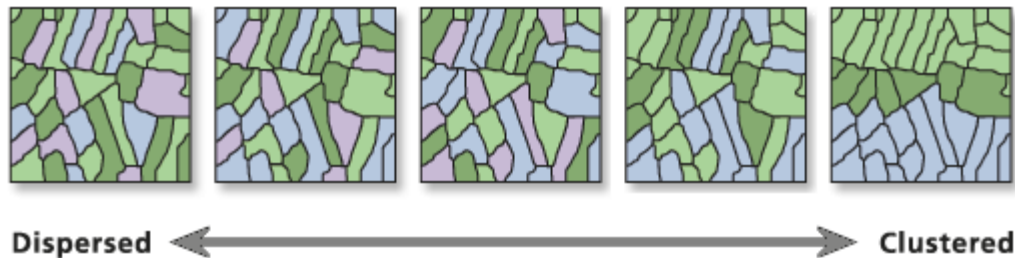




Autocorrelación espacial positiva.



Autocorrelación espacial negativa.



#### B. Moran's I Local (*LISA: Local Indicator of Spatial Association*)

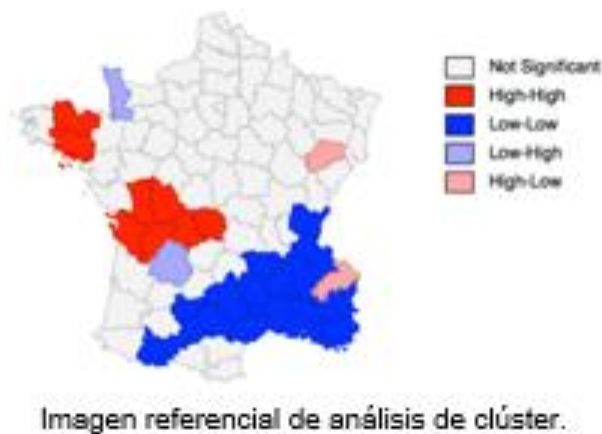
La estadística de Moran local se sugirió en Anselin (1995) como una forma de identificar agrupamientos locales y valores atípicos espaciales. Esta se obtiene para cada  $i$  la suma sobre el índice  $j$ ,  $\sum_j g_{ij}$ .

Específicamente, la estadística local de Moran toma la forma  $C \times z_i \sum_j w_{ij} z_j$ , con  $z$  desviaciones de la media. El escalar  $c$  es el mismo para todas las ubicaciones y, por lo tanto, no desempeña un papel en la evaluación de la significancia. Este último se obtiene por medio de un método de permutación condicional, donde, a su vez, cada  $z_i$  se mantiene fijo y los valores  $z$  restantes se permutan aleatoriamente para producir una distribución de referencia para la estadística. Esto funciona de la misma manera que para el  $I$  de Moran global, excepto que la permutación se lleva a cabo para cada observación por turno. El resultado es un pseudo valor  $p$  para cada ubicación, que luego se puede utilizar para evaluar la significancia. Esto permite una clasificación de las ubicaciones significativas como *agrupamientos espaciales* alto-alto y bajo-bajo, y *valores atípicos espaciales* alto-bajo y bajo-alto. Donde cada agrupamiento se identifica

por un entero que designa el tipo de asociación espacial: 0 para no significativo, 1 para alto-alto, 2 para bajo-bajo , 3 para bajo-alto y 4 para alto-bajo.

### C. Análisis de clusterización

El análisis de clúster o análisis de conglomerados es una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre ellos. En este caso, se representan cuatro categorías, con rojo oscuro para los grupos de alto-alto, azul oscuro para los grupos de bajo-bajo, azul claro para los valores atípicos espaciales de bajo-alto, y rojo claro para los valores atípicos espaciales alto-bajo como se observa en la figura C.1 que se encuentra en el Workbook de GeoDa.



*Figura C.1: imagen referencial de análisis de clúster. Fuente: GeoDa Workbook.*

## IX. Análisis de Autocorrelación: Resultados

Para el análisis de autocorrelación espacial, se utilizó como herramienta estadística los índices de Moran global (I) y Moran local (LISA). La autocorrelación espacial mide la relación entre observaciones con proximidad espacial, considerando que observaciones próximas espacialmente poseen valores parecidos. Los indicadores globales de autocorrelación espacial (Moran I) ofrecen una única medida para el conjunto de todos los accidentes caracterizando ambas comunas de estudio.

Los estándares de distribución de los indicadores fueron examinados en menor escala por medio del Moran local (LISA), produciendo un valor específico para cada comuna, permitiendo la visualización de agrupamientos de accidentes con valores similares para los indicadores seleccionados. Correlaciones del tipo “alto-alto” muestran accidentes con altas proporciones del indicador cercados de otros siniestros también con altas proporciones del mismo indicador; “bajo-bajo” accidentes con baja proporción rodeados de siniestros con baja proporción del mismo indicador; “alto-bajo” accidentes con alta proporción rodeados de accidentes con baja proporción de este indicador y “bajo-alto” accidentes con baja proporción cercados de siniestros de alta proporción del mismo indicador. Los análisis consideraron el nivel de significancia  $p < 0.05$  y los productos cartográficos fueron elaborados por medio de los programas GeoDa y ArcGIS.

A continuación, se presenta la implementación de resultados de atributos y accidentes obtenidos en Moran's I y Moran's Local.

### A. Moran's I Global

Para comenzar, se realiza un análisis global por comuna de cada atributo durante el horizonte de investigación por lo que se utiliza la herramienta geoespacial ArcGIS. Los atributos con mayor valor global durante el periodo 2010 a 2015 de ambas comunas son:

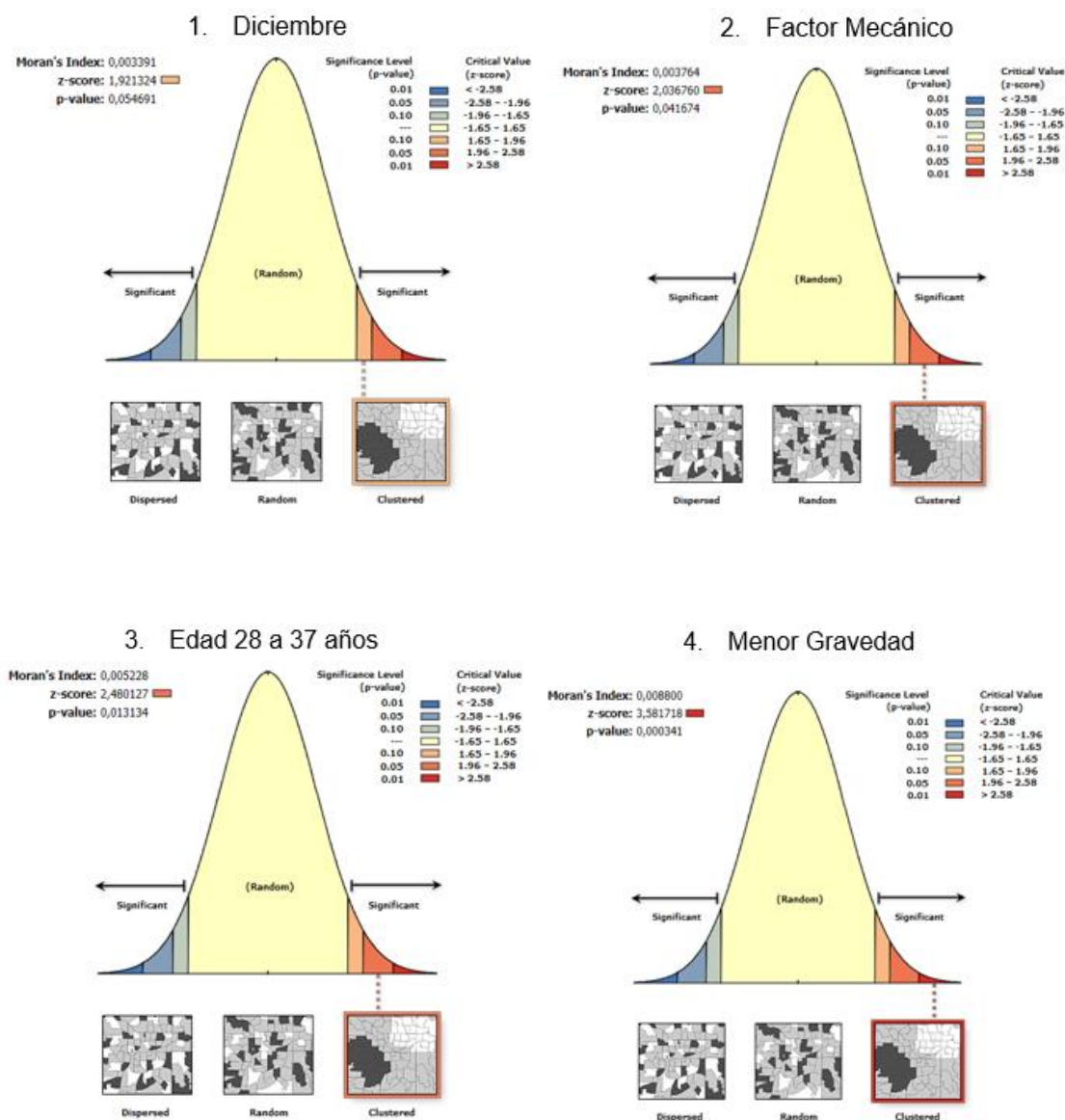


Figura A.1: atributos con mayor índice Moran's I correspondiente a la comuna de Viña del Mar. (1) distribución de Diciembre durante el periodo 2010 a 2015; (2) distribución de factor mecánico de accidentes durante periodo 2010 a 2015; (3) distribución rango de edad de 28 a 37 años de las personas involucradas en accidentes durante el periodo 2010 a 2015; (4) distribución de resultado de personas involucradas en accidentes durante el periodo 2010 a 2015.

Como se observa en la Figura A.1, estos cuatro atributos se encuentran altamente agrupados durante los años de estudio. Es interesante el resultado

ya que al realizar el análisis descriptivo es distinta la tendencia que obtiene cada atributo en relación a la cantidad de accidentes con vehículos de transporte terrestre de carga en los años 2010 a 2015. El atributo menor de edad se ve agrupado por la cantidad de niños y adolescentes involucrados en algún tipo de accidente con camiones, ya sea por atropello o pasajero de un vehículo menor involucrado.

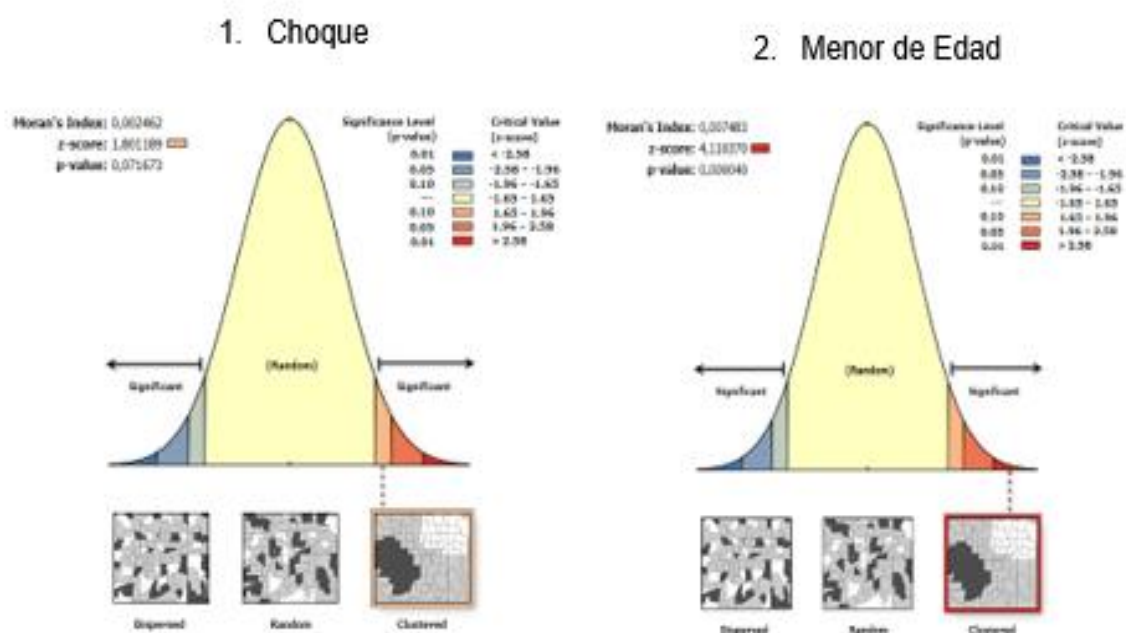
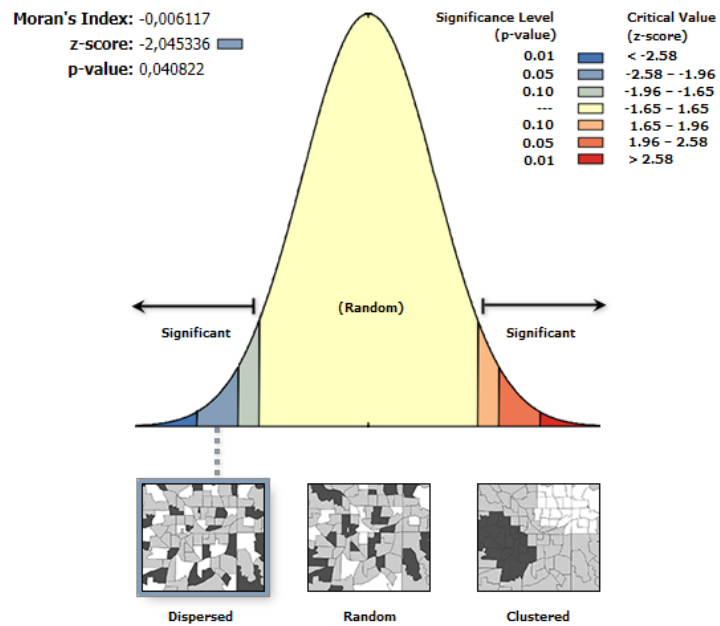


Figura A.2: atributo con mayor índice de Moran's I correspondiente a la comuna de Valparaíso. (1) Distribución de tipo de accidente choque agrupado desde 2010 a 2015; (2) distribución de rando de edad correspondiente a Menores de edad, es decir, menor a 18 años.



*Figura A.3: Mayo, atributo correspondiente a la comuna de Valparaíso.*

Se observa en la figura que el atributo tiene un índice menor a -2,54, esto representa que la distribución espacial correspondiente a mayo es dispersa, por lo que no existe una tendencia a agrupación durante el periodo 2010 a 2015.

Luego, se obtiene un análisis global de cada accidente, generando una unión entre el número de identificación de el accidente con la cantidad de valores alto-alto de los atributos considerados.

**Tabla 6: Accidentes con mayor cantidad de atributos “HH” de Valparaíso de los períodos 2010 a 2015.**

ID	AÑO	TOTAL HH	TOTAL LL
394	2014	5	3
125	2011	4	6
149	2011	4	4
321	2013	4	3
4	2010	3	6
45	2010	3	7
46	2010	3	2
48	2010	3	2
58	2010	3	4
102	2011	3	2

*Fuente: Elaboracion propia.*

En la comuna de Valparaíso, se observa que los accidentes no superan 5 atributos con valor alto-alto o en ingles, “high-high”. El siniestro con mayor indice de atributos



*Figura A.4: Accidentes de Valparaíso con mayor cantidad de valores altos en atributos en los años 2010 a 2015.*

Lo mismo ocurre en la comuna de Viña del Mar, los accidentes con mayor cantidad de valores altos no es mayor a 3 atributos alto-alto o high-high (HH)

**Tabla 7: accidentes con mayor cantidad de atributos “HH” de Viña del Mar de los períodos 2010 a 2015.**

ID	AÑO	TOTAL HH	TOTAL LL
243	2014	3	0
16	2010	2	2
37	2010	2	5
58	2011	2	2
79	2011	2	5
92	2012	2	4
104	2012	2	3
122	2012	2	5
133	2013	2	6
139	2013	2	2
152	2013	2	5
212	2014	2	2
218	2014	2	2

*Fuente: Elaboracion propia.*



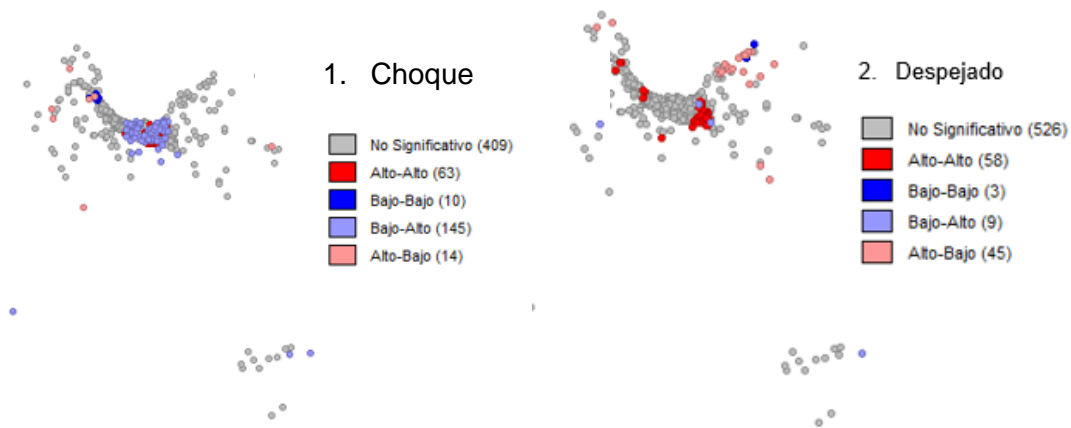
*Figura A.5: Accidentes de Viña del Mar con mayor cantidad de atributos con valores altos, entre el 2010 a 2015.*

## B. Moran's I Local (LISA)

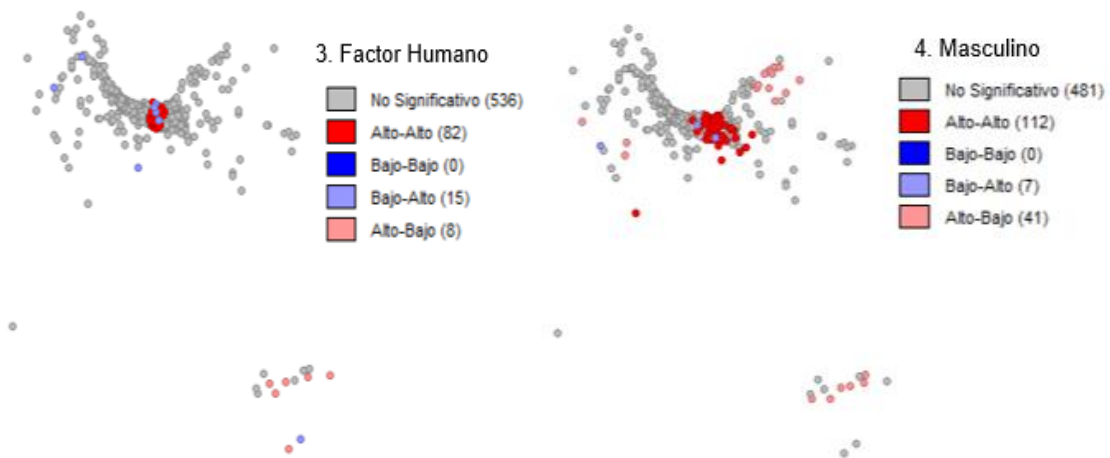
Este índice se obtiene a través de GeoDa. Esta herramienta no permite agregar un mapa base para los accidentes de modo que en el archivo anexos podrán



ver de manera detallada la ubicación relativa de estos puntos. Realizado el análisis se obtienen algunos de los siguientes resultados:



*Figura B.1: Análisis de autocorrelacion espacial local de atributos de la comuna de Valparaíso.*



*Figura B.2: Análisis de autocorrelacion espacial local de atributos de la comuna de Valparaíso.*

Las figuras B.1 y B.2 muestran los resultados del análisis de la autocorrelación espacial local (Lisa), destacando los atributos de sexo masculino y causa de accidente por factor humano agrupados en zonas semejantes, es decir autocorrelacióó del tipo alto-alto en una vasta zona urbana de Valparaíso.

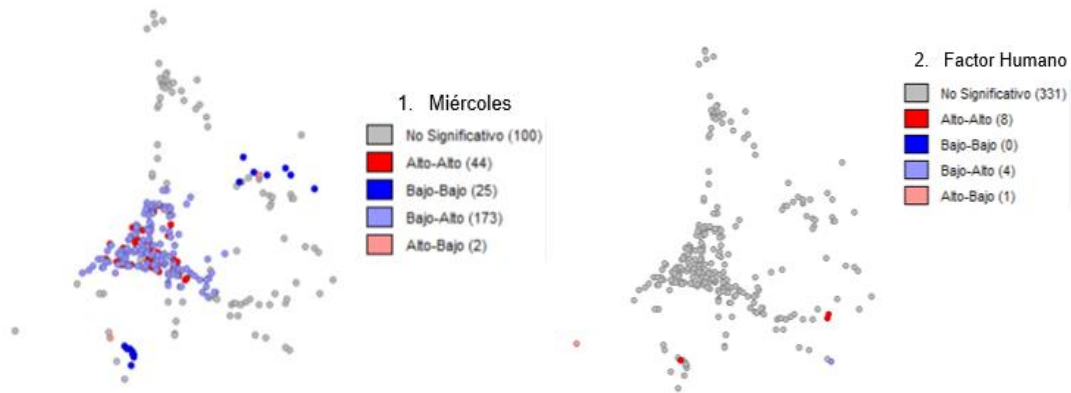
**Tabla 8: Variables con mayor cantidad de valores “HH” de Valparaíso.**

HH	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Masculino	12	12	26	10	16	36	112
Humano	14	10	22	7	8	21	82
Choque	5	13	14	3	5	23	63
Despejado	5	4	17	7	10	15	58
48 - 57	4	6	2	2	2	11	27
Miércoles	4	4	4	3	4	2	21
Femenino	2	2	6	1	4	1	16
Leves	1	4	3	1	3	3	15
Agosto	2	2	4	0	1	5	14
28 - 37	2	1	4	0	3	2	12
llesos	1	1	2	1	3	3	11

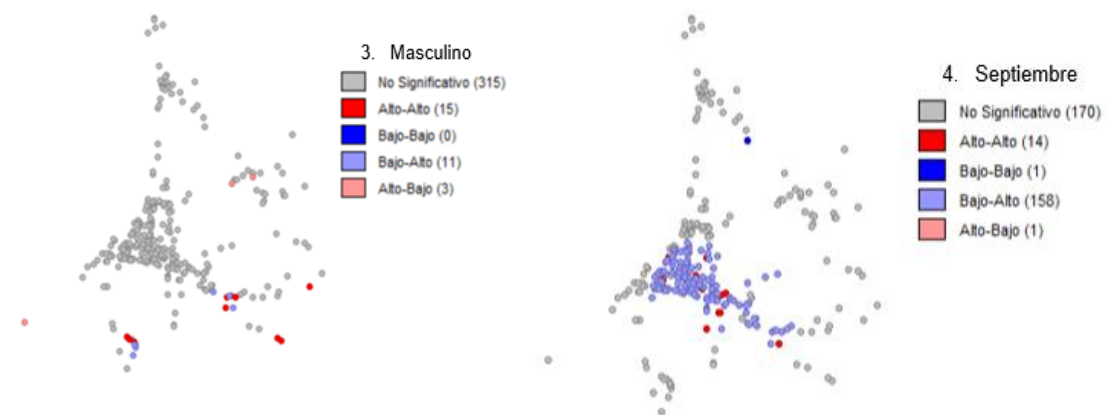
Esto indica que una cantidad de 10 atributos con mayor cantidad de índices alto se encuentran agrupados o rodeados de índices de correlación altos. Lo mismo ocurre con los atributos con bajo valor de índice que están rodeados de valores bajos. Asimismo, se considera el 20% de los 57 atributos analizados en este estudio.

**Tabla 9: Variables con mayor cantidad de valores “LL” de Valparaíso.**

LL	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Menor de edad	31	38	65	29	34	92	289
Mecánico	22	22	39	13	17	49	162
58 - 67	16	21	26	15	18	57	153
Junio	16	18	25	13	20	56	148
Llovizna	12	18	27	13	16	44	130
Nublado	11	11	26	13	17	29	107
Caída	8	16	19	13	10	37	103
Octubre	7	10	19	14	9	25	84
Femenino	6	9	11	9	7	34	76
Neblina	11	5	13	8	8	23	68
Graves	7	8	16	7	8	22	68



*Figura B.3: Análisis de autocorrelación espacial local a atributos de accidentes de Viña del Mar.*



*Figura B.4: Análisis de autocorrelación espacial local a atributos de accidentes de Viña del Mar.*

Las Figuras B.3 y B.4 muestran los resultados del análisis de la autocorrelación espacial local (Lisa), destacando los atributos, al igual que en Valparaíso, de sexo masculino ya que se encuentran en menor tendencia a agrupamiento, además se destaca el momento del accidente correspondiente al día miércoles por su gran concentración de valores altos agrupados. Los resultados se observan en la Tabla 10 y Tabla 11, considerando el 20% de los atributos analizados para cada siniestro.

**Tabla 10: Variables con mayor cantidad de valores “HH” de Viña del Mar.**

HH	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Miércoles	7	5	4	12	6	10	44
Masculino	1	2	1	2	2	7	15
Septiembre	2	0	0	4	2	6	14
Horario 2	1	1	2	0	1	3	8
Camión simple	0	2	0	2	1	3	8
Tractocamion	0	2	2	2	1	1	8
Tractocamión con remolque	1	0	0	4	2	0	7
Humano	2	1	1	1	1	0	6
Colisión	0	0	2	0	3	1	6
68 - 77	0	2	0	2	1	0	5

La Tabla 11 indica los 10 atributos con mayor cantidad de valores bajo-bajo para los accidentes de Viña del Mar. Se observa que el momento de el accidente correspondiente a día domingo tiene a generar un conglomerado de 160 valores bajos.

**Tabla 11: Variables con mayor cantidad de valores “LL” de Viña del Mar.**

LL	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Domingo	19	19	11	30	31	50	160
Menos Graves	16	13	10	33	35	37	144
Diciembre	15	16	11	25	26	34	127
28 - 37	13	16	9	21	31	26	116
Camión simple con remolque	12	15	11	21	24	26	109
Volcadura	9	11	10	22	17	26	95
Jueves	6	6	2	4	5	9	32
18 - 27	1	3	7	10	3	4	28
Miércoles	6	4	1	4	1	9	25
Marzo	0	3	4	12	1	2	22

## X. Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran las diferencias entre ambas ciudades estudiadas de la provincia de Valparaíso, destacándose la semejanza en el atribuido “masculino” ya que en ambas comunas presenta valores altos de agrupamiento.

Una de las probables explicaciones para la concentración de accidentes, sexo masculino y momento del siniestro asignado por rango de horario 1 (entre las 0:00 y 5:59 horas) en las mismas ciudades puede ser resultado de las características de la zona geográfica, donde predomina la cantidad de licencias de conducir otorgadas a hombres y el alto flujo vehicular en horario punta o por estado anímico del conductor.

Esta distribución es confirmada por el análisis de autocorrelación, que fue positivo del tipo alto-alto, es decir, accidentes con altas proporciones con altas zonas o factores que influyen en los siniestros con vehículos de transporte terrestre de carga. Esta constatación se aproxima a resultados encontrados por otros investigadores que asocian la alta incidencia de factor humano como causa principal de accidentes de tránsito y también porque este tipo de vehículos en su mayoría es conducido por personas del sexo masculino.

La forma de observar la distribución de los accidentes adoptada en el presente estudio no identifica situaciones que ocurren siempre en la misma zona geográfica, esto se debe a que es un estudio con un solo tipo de vehículo involucrado y sus accidentes desde el 2010 al 2015, a diferencia de realizar un análisis para todos los accidentes con todos los tipos de vehículos del parque vehicular del país o a nivel regional.

Es importante que otro análisis sea realizado utilizando escalas geográficas menores como una única ciudad, distancia a nivel del mar o inclusive un barrio específico dentro del municipio. Este estudio puede contribuir para el conocimiento investigativo de ambas ciudades ya que permiten visualizar vías urbanas de alta concentración vehicular y tomar medidas

preventivas para este tipo de vehículo, considerando los estándares de accidentabilidad, fallas en el factor estructural de la ciudad y procesos de conciencia social a quienes transitan por las vías públicas; a los empleadores ya que una de las causas que involucran al factor humano es “presencia de fatiga y cansancio en el conductor”, esto quiere decir que no se respetan los turnos de descanso de los conductores de vehículos de transporte terrestre de carga.

## XI. Bibliografía

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. *Costos de accidentes año 2017*.

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (2012). *Análisis espacio temporal de los siniestros de tránsito en el Gran Santiago*.

Organización Mundial de la Salud (2015). *Informe sobre la situación mundial de seguridad vial*.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. *Resolución 1/1995, establece dimensiones máximas a vehículos que indica*.

## XII. Anexos

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{1}{2} \sum_i \sum_j (w_{ij} + w_{ji})^2 \\
 S_2 &= \frac{\sum_i (\sum_j w_{ij} + \sum_j w_{ji})^2}{1} \\
 S_3 &= \frac{N^{-1} \sum_i (x_i - \bar{x})^4}{(N^{-1} \sum_i (x_i - \bar{x})^2)^2} \\
 S_4 &= \frac{(N^2 - 3N + 3)S_1 - NS_2 + 3(\sum_i \sum_j w_{ij})^2}{1} \\
 S_5 &= S_1 - 2NS_1 + \frac{6(\sum_i \sum_j w_{ij})^2}{1}
 \end{aligned}$$

The  $z_{I_i}$ -score for the statistics are computed as:

$$z_{I_i} = \frac{I_i - \mathbf{E}[I_i]}{\sqrt{\mathbf{V}[I_i]}}$$

where:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{E}[I_i] &= -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n-1} \\
 \mathbf{V}[I_i] &= \mathbf{E}[I_i^2] - \mathbf{E}[I_i]^2
 \end{aligned}$$